



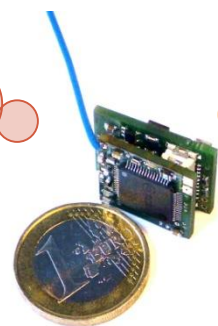
Szenzorhálózatok és alkalmazásaik

WSN bevezető. Fizikai réteg.

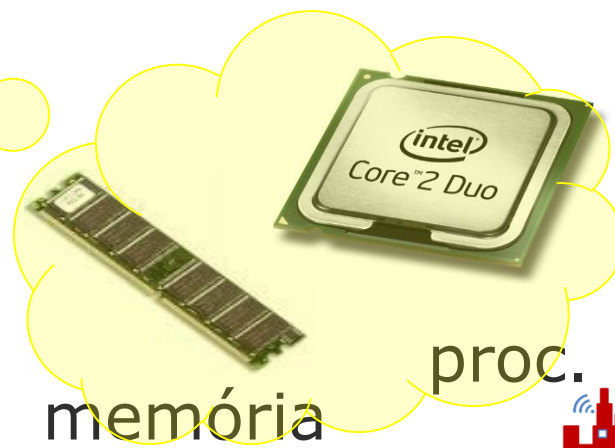
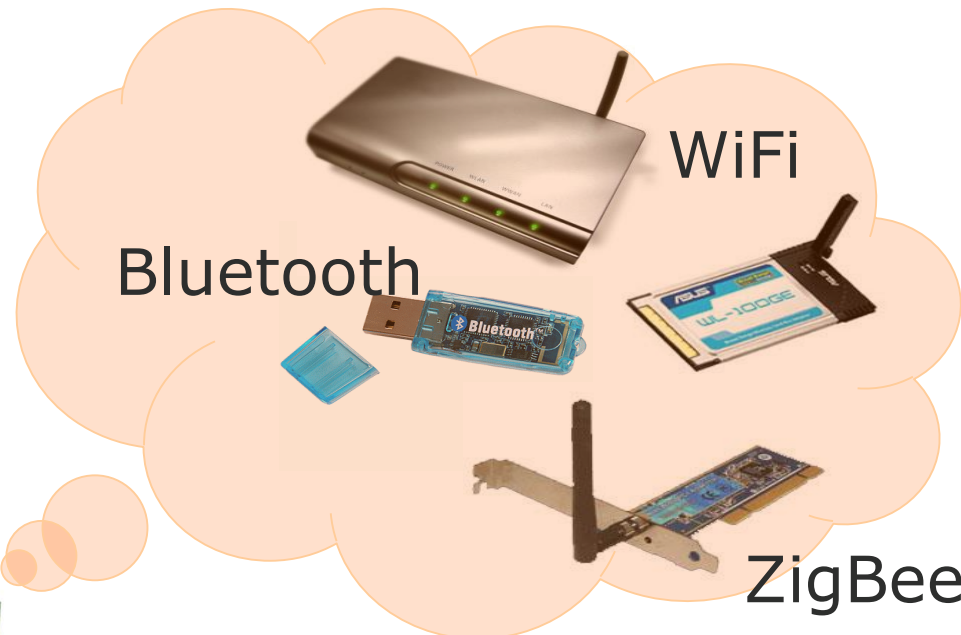
Tartalom

- Bevezetés (szenzorok, „mót”-ok)
- A fizikai világ és az internet kapcsolata
- Fizikai réteg
 - létező és spec. WSN megoldások
 - energiahatékonyság
- Mitől okos egy város?
 - Open data

Szenzorok + intelligencia + hálózat...



szenzor
„mót”



Legyen kicsi, olcsó és sok...

Követelmények a szenzorokkal szemben:

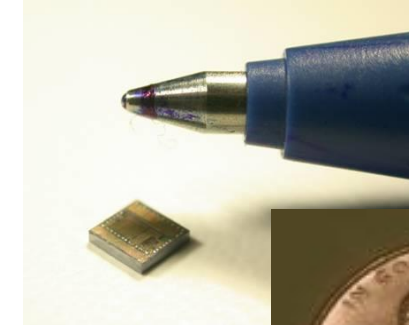
- kis méret + **olcsó** + alacsony fogyasztás

Következmény:

- korlátozott számítási kapacitás
- korlátozott energiakészlet
- korlátozott rádiós sugár
- „**egyszerűbb**” megoldások

Követelmény a szenzorhálózattal szemben:

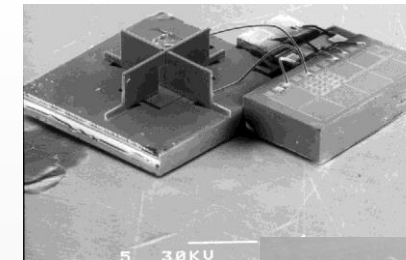
- tipikusan **sok** csomópont
- hosszú élettartam
- megbízható
- önszerveződő, felügyelet nélküli
- hibatűrő, öngyógyító



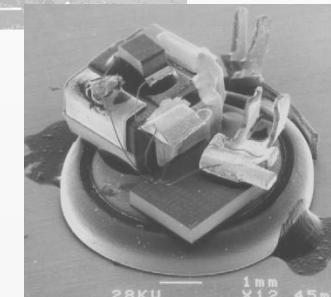
Hitachi



Uni California, Berkeley



MEMS



Legyen mindenhol és mindenben...

A környező fizikai valóság minden léptékben megfigyelhető!

- bármely mérhető, fizikai mennyiség
- környezet monitorozás (földfelszín, víz, levegő)
- intelligens épületek, okos város
- intelligens otthon, munkahelyek
- testen belüli monitorozás
- világűr
- ...



forrás: S. Gyula

- > **Keress egy nyulat!**
- > keresés... megtalálva
- >
- > **Hol van a nyúl?**
- > www.aniel-wallpapers.hu/ALLATOK/aa14.jpg
- >
- > **Mutasd a nyulat!**



**„A nyúlról...”
– az interneten**



> **Keress egy nyulat!**

> keresés... megtalálva

>

> **Hol van a nyúl?**

> $47^{\circ}31'07.46''$ N $19^{\circ}04'39.22''$ E elev
109 m

>

> **Mutasd a nyulat!**

>

>

>

>

>

>

>

>

>



**„A nyúlról...”
– a világban**



Konvergencia...

- Az igazán érdekes a valós, fizikai világ és a virtuális adattér összekapcsolása!
- A folyamat már javában tart, pl:
 - GoogleEarth
 - térfigyelő kamerák
 - időjárás-előrejelzés weboldalak
 - riasztó- és távfelügyeleti rendszerek
 - navigáció és tájékozódás
 - (telefon- és videokonferenciák)
 - ...



CHARLES' GEORGE ORWELL LINKS 

Fizikai réteg

Létező megoldások, tervezési kérdések

Tartalom

- Fizikai réteg
 - létező és spec. WSN megoldások
 - energiahatékonyság



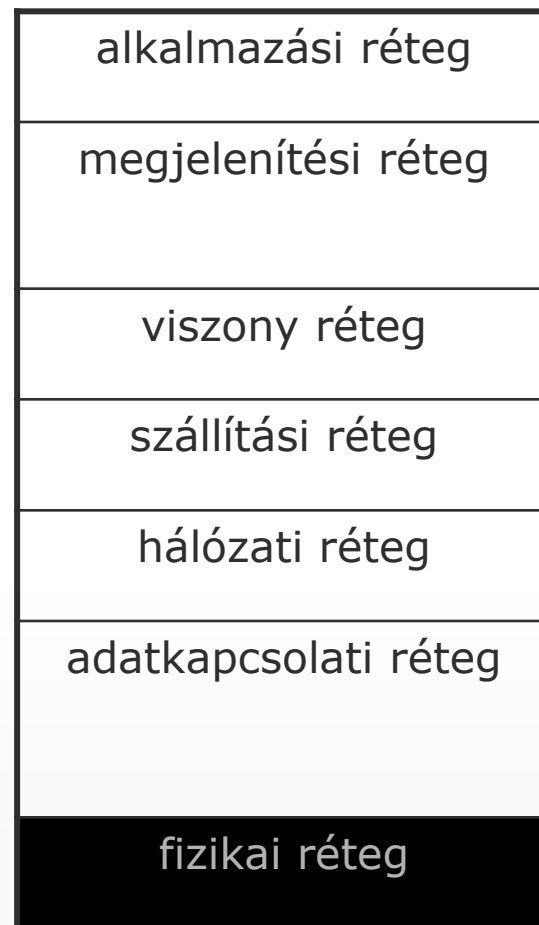
A fizikai réteg

Fizikai réteg:

„Azok az eszközök és eljárások, mely az adatok átviteléhez, az adatkapcsolati entitások közti fizikai összeköttetés létrehozásához, fenntartásához, és bontásához szükségesek.”

„Cross-layer design”

ISO OSI



Jellemzők és követelmények

- Tipikusan nagyon kis átvitt adatmennyiség.
 - néhány bit/nap
- Inkább kisebb átviteli sebesség és nagyobb késleltetés az alacsonyabb árért és hosszabb élettartamért cserébe.
 - Pl: Egy (vagy több) év üzemidő 750 mAh AAA elemmel
- Univerzális (globális), licensz nélküli üzemeltethetőség.
 - Nagyban limitálja a lehetséges frekvenciasávot és modulációt

Példák a fizikai rétegre

- Szenzorhálózatokban a kommunikáció történhet elektromágneses (RF, IR) vagy akusztikus úton.
- Létező rádiófrekvenciás (RF) megoldások:
 - Bluetooth
 - IEEE 802.11b (WLAN)
 - (IEEE 802.15.4)
- Speciális WSN megoldások
 - PicoRadio
 - WINS
 - μ AMPS

Bluetooth

- WPAN (Wireless Personal Area Network) megoldás
- 2.4 GHz ISM sáv;
- Moduláció: 1 MBaud bináris GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- frekvenciaugratásos szórt spektrumú (FHSS), 1600 ugrás/mp, 79 db 1-MHz-es csatorna (USA-ban)

Problémák WSN alkalmazásnál:

- A hálózat felderítés FHSS esetében hosszadalmas, mert a node-ok aszinkron működésűek.
- A viszonylag keskenysávú (1MHz) moduláció miatt a csatornaszűrő megvalósítása bonyolult és költséges.
 - (Az alacsony-frekvenciás áramkörti elemek nagy mérete és a nagy kapacitorok, valamint a nagy „warm-up” periódus miatt.)
- A közeli csatornák szétválasztása is bonyolult.

IEEE 802.11b

- WLAN (Wireless LAN) szabvány
- 2.4 – 2.5 GHz ISM sáv
- 14 db 22 MHz-es átlapolódó csatorna, 5 MHz-enként (USA-ban csak az első 11 használható)
- 802.11 szabvány három 1 Mb/s (ill. 2 Mb/s) fizikai réteg opciót definiál:
 - infravörös (IR)
 - frekvenciaugratásos szórt spektrumú (FHSS)
 - direkt szekvenciális szórt spektrumú (DSSS)
 - 1 Mb/s esetén: különbségi bináris fázisugratás (DBPSK)
 - 2 Mb/s esetén: különbségi kvadratúra fázisugratás (DQPSK)
- 802.11**b**: kiterjesztés 5.5 Mb/s-ra ill. 11 Mb/s-ra
 - Complementary Code Keying (CCK), 11 Mc/s és DQPSK, 8 bit/szimbólum

IEEE 802.11b

- Az eredeti 1 és 2 Mb/s-os direkt szekvenciális 802.11 fizikai réteg egy lehetséges megoldás WSN-ek esetében:
 - Egyszerű hardver.
 - Megfelelő adatátviteli sebesség.
 - A direkt szekvenciális kódolás mentes a frekvenciaugratásos módszerek hátrányaitól.
 - Hátrány: A 11 Mc/s-os chip-sebesség túlságosan magas egy alacsony fogyasztású eszköznek.
- A 11 Mb/s-os 802.11b kiterjesztés energiafelhasználása és ára (komplexitása) messze meghaladja egy WSN korlátait!

PicoRadio

- PicoRadio program
 - Uni California (Berkeley), 1999
- DSSS, CSMA MAC protokoll
- UWB (ultrawide band)
 - Könnyen integrálható, a sáv szélesség-hatékonyság nem annyira fontos.
 - Fontos tulajdonsága: „wake-up” rádió „sleep” móddal
 - „Wake-up” rádióvevő:
 - 1μW átlagos teljesítménnyel működik
 - A „wake-up” jel vételekor „felébreszti” a fő rádiót.
 - A „wake-up” jel tartalmazza az állomás ID-jét, így csak a szükséges csomópontok ébrednek fel.
 - Nincs szükség a node-ok közötti szigorú időszinkronra.

WINS

- WINS – Wireless Integrated Network Sensors Project
 - Uni California, Los Angeles és Rockwell Science Center
 - 1998-ban piacra vitték Sensoria Corp. néven (San Diego)
- Szórt spektrumú, 900 MHz vagy 2.4 GHz ISM sávban
- CMOS technológiára épült és optimalizált az alacsony előállítási költség miatt.

- μAMPS Program
 - Massachusetts Institute of Technology (Cambridge)
 - Teljes WSN rendszer, hangsúly az energiatakarékosság.
 - (LEACH – Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy protokoll kifejlesztése, ld. később)
- Cél a „sleep time” maximalizálása
 - többszintű jelzés
 - „start-up” energia problémája a sleep->aktív átmenet esetén

Fizikai réteg tervezési kérdései

- A két legfontosabb követelmény:

alacsony ár

és

hosszú élettartam.

Ár, mint tervezési kérdés...

- A fizikai réteg költsége elsősorban a hardver ára
 - chip-ek ára + külső alkatrészecskék ára
- Cél: egyetlen chip + antenna + elemek
 - (Az antenna és az elemek integrálása nem lehetetlen, de nehéz.)
- Az egyik legnehezebb feladat a referencia frekvenciához használt kvarc kristály integrálása.
 - Lehetséges alternatíva: MEMS (mikro-elektromechanikai) rezonátor
 - Egyenlőre azonban még nem kiforrott technológia, a pontossággal és stabilitással bajok lehetnek.
- Következmény: Olyan fizikai réteget tervezzünk, amely nem követel meg túl szigorú előírásokat a rezonátorral szemben.

Ár: analóg kontra digitális

- A chip árát befolyásolja az analóg és digitális integrált alkatrészek aránya.
 - A digitális elemek mérete a litográfiai eljárások fejlődésével csökken.
 - Az analóg elemek mérete tipikusan nem csökken a technológia fejlődésével. (Pl. passzív komponensek paramétereik a fizikai méreteik függvénye, pl. kapacitor felület)
- A lehetséges két alternatíva:
 - Analóg elemek „nagy” dimenziójú „rég” (és ezért olcsó) technológiával.
 - Csak digitális komponensek, új technológia, így apró (és ezért olcsó) áramkörök.
- Hosszú távon a trend az „all-digital” technológiának kedvez.
 - Az RF áramkörök energiafogyasztása is a mérettel arányos.

Ár: nagy darabszám...

- Nagy darabszám csökkenti az egységárat.
- Következmény: Olyan fizikai réteget tervezünk, amely összhangban van a lehető legtöbb ország szabályozási környezetével.
- Megoldás: ISM sáv használata
 - (De melyik? 2.4 GHz, 5.8 GHz vagy 24 GHz?)

Ár: rendelkezésre álló technológiák...

- Magas (pl. 60 GHz) frekvenciatartományban működő áramkörök gyártástechnológiája (pl. SoC szilikon CMOS) jelenleg még drága és nem energia-optimális.
- Alacsony (pl. 1 GHz) frekvencián a node mérete miatti kis antenna okoz problémát.
- A megfelelő ISM sáv kiválasztása egy kompromisszum az ár és energiafogyasztás, valamint a méret és antenna-hatékonyság között.
- Jelenlegi optimum: 2.4 GHz ISM sáv

2.4 GHz ISM sáv

- A 2.4 GHz-es ISM sáv jelenleg egyáltalán nem „üres”:
 - Pl. IEEE 802.11b (Wi-Fi) WLAN, Bluetooth WPAN
 - A különböző technológiák más-más csatorna-hozzáférési stratégiát használnak
-> erősen „unfair” lehet!
- A különböző szolgáltatások együttélése és kompatibilitása a fizikai réteg tervezésének kulcskérdése!
 - Pl: szórt spektrumú megoldások a robosztusság miatt
- Lehetséges alternatíva: 3.1-10.6 GHz UWB (ultra-szélessáv)
 - Helymeghatározási képesség nagyon jó (néhány cm).
 - Nagy node-sűrűség lehetséges.
 - Egyelőre csak az USA-ban szabványos.

Energiafelhasználás (élettartam)

- Az energia-probléma két komponense:
 1. Az energiaforrás (elem)
 2. A rendszer energiafogyasztása.

Energiaforrások

- A szenzorok alacsony energiafogyasztása ($\sim 50 \mu\text{W}$) lehetővé teszi újszerű energiaforrások használatát
 - Pl: napenergia-cella, RF, mechanikus vibrációs eszközök
- A „hagyományos” szárazelemek mégis a legáltalánosabbak.
- Töltésmegújulás jelensége: Egy elem kapacitása sorozatos impulzusokkal kisütve jóval nagyobb, mint folyamatos állandó lemerítés esetében.
- WSN esetében a borsztös adatküldés mellett az alacsony átlagos energiafogyasztás kiválóan illeszthető a jelenséghez: a nagy fogyasztású komponensek (pl. rádióadó) aktiválása csak rövid időkre, megfelelően nagy időközönként.

Energiafogyasztás - példa

- 2db AAA elem (750 mAh), 1 éves élettartam (8760 óra)

$$I_{avg} = 750mAh / 8760h = 86\mu A$$

- Átlagos felvett teljesítmény (1.8 V feszültségszabályozóval)

$$P_{avg} = 1.8V \cdot 86\mu A = 154.8\mu W$$

- Tipikus 2.4 GHz CMOS adóvevő 32 mW teljesítménnyel ad és 38 mW teljesítménnyel vesz. (átlag ~35 mW)

$$I_{on} = 19.5mA \quad I_{stby} = 30\mu A$$

- Ekkor az

$$I_{avg} = T_{on} \cdot I_{on} + (1 - T_{on}) \cdot I_{stby}$$

- összefüggésből:

$$T_{on} = 0.0029$$

Energiafogyasztás

- $T_{on}=0.0029$ praktikusan 4 perc naponta.
- A kevés információközlés ellenére az aktív kommunikáció időtartama alatt nagy bitsebességet követel meg.
- T_{on} tartalmazza a „warm-up” periódust is.
 - Sok de rövid kommunikáció esetében a „warm-up” periódusokban elfolyó áram lehet a döntő!
- A DSSS rendszerek 250 kbps (nyers) adatátviteli sebességgel előnyösek.



vitmma09

Szenzorhálózatok és alkalmazásaik

Mitől okos egy város? Adatok.

Mitől okos a város?

- **Első lépés: tudom mi történik a városban**
 - Hol van egy adott busz és hányan ülnek rajta?
 - Szabad-e egy adott parkolóhely? Tele van-e egy adott szemetes? Milyen a talaj nedvességtartalma egy közparkban?
 - Hány fok van egy adott utcában, fúj-e ott a szél, milyenek ott a fényviszonyok, a légszennyezettség, jár-e ott most valaki? Hány autó ment át az utcán az utóbbi 10 percben?

Mitől okos a város?

- Első lépés: tudom mi történik a városban

Megoldás: érzékelés, adatgyűjtés – emberi közreműködéssel vagy nélküle

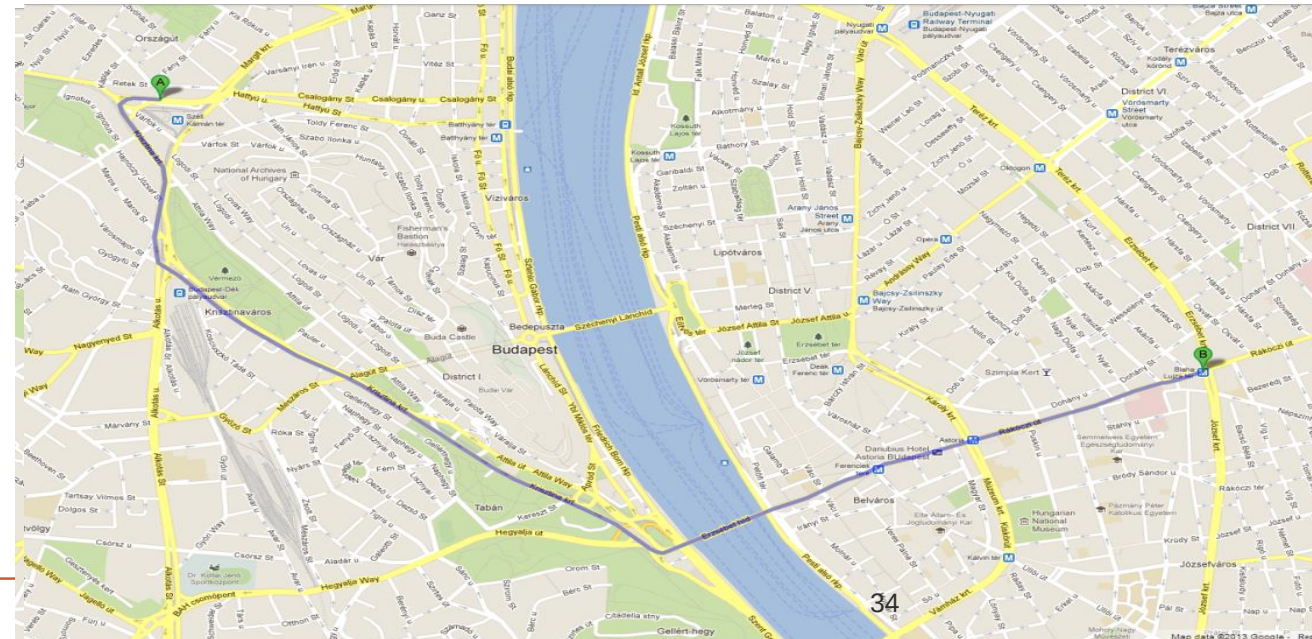
- „Ha meg tudsz mérni valamit, és számokkal ki tudod fejezni, akkor tudsz csak igazán róla valamit” – Lord Kelvin
- Intelligens, egyéni azonosítóval ellátott eszközök - szenzorok, okostelefonok, járművek, stb.
 - *Mérnek és kommunikálnak*

Mitől okos a város?

- **Második lépés: az adatok alapján, személyre szabott, kontextus-tudatos „smart” szolgáltatások**
 - **Nem a puszta adat az érték, hanem annak feldolgozása**
 - Adatok begyűjtése a „felhőbe” – hálózati megoldások
 - Szenzorhálózatok, járműhálózatok, mobil hálózatok
 - Elemzés, szűrés, aggregáció, adatbányászat
 - Értéknövelt szolgáltatások generálása
 - *Személyre szabottan: felhasználói profil, korábbi viselkedés*
 - *Kontextus-függően: hol vagyok, mit csinálok, milyen eszköz van nálam, ki vannak körülöttem, stb?*

Példa: (A valóban) okos útvonaltervezés

- Merre menjek a Blaháról a Széll Kálmán térre?
 - Nem mindig a legrövidebb útvonal a legjobb
 - **A kontextustól függ**
 - Éjjel, gyalog – a biztonság a fontos: hol van több ember, jobb világítás, kevesebb támadás általában, stb.
 - Nappal, biciklivel – a legtöbb bicikli sáv
 - Csúcsforgalomban, autóval – a legkisebb forgalom
 - Csúcsforgalomban, gyalog – a legjobb levegő minőség
 - Hideg téli időben, gyalog – a legkevesbé szeles út
 - ...
- Kell hozzá ... adat, adat, adat



Mitől okos egy város?

- **Lakosok aktív közreműködése**
 - **Mint tesztelők és innovatív fejlesztők**
 - A mindennapi igényekhez szabott szolgáltatások
 - „Okos” (képzett, innovatív, nyitott, jó módú) emberek városa
- **Open Data** – hozzáférés a telepített szenzorok adataihoz
 - Adatok felhasználása saját alkalmazásokban



Mitől okos egy város?

▪ Lakosok aktív közreműködése

▪ Mint tesztelők és innovatív fejlesztők

- A mindennapi igényekhez szabott szolgáltatások
- „Okos” (képzett, innovatív, nyitott, jó módú) emberek városa

▪ Crowdsensing

- Felhasználók mérései, pl. okostelefonnal
- Kiegészíti vagy helyettesíti a hálózatot

▪ Bizalom, adatok megosztása

- Alapvetően nem szeretjük ha megfigyelnek
- Ha hasznos szolgáltatásokat kapunk cserébe, elfogadjuk



Mitől okos egy város?

- **Open Data** – hozzáférés a telepített szenzorok adataihoz
 - Adatok felhasználása saját alkalmazásokban

Open Data vs. Closed Data

Miért kell Open Data?

- Az adatok, a tudás „az emberiség” tulajdonát képezi – orvostudomány, környezetvédelem, génkutatás, stb.
- Közpénzből finanszírozott beruházásból származó adatok legyenek publikusak
- Az adatokat nem lehet szerzői joggal védeni
- Ha mindenki hozzáférhet az adatokhoz, potenciálisan új szolgáltatásokat lehet létrehozni

Open Data vs. Closed Data

Miért nem kell Open Data?

- Ha a közpénzből származó adatokból néhány magáncég profitot termel, akkor az adatok árát meg kell fizesse
- Az adatokból származó bevételeket különböző hasznos célokra lehet elkölteni
- Az adatok titkossága korlátozhatja a publikussá tételüket
- Az adatok begyűjtése, tisztítása, feldolgozása komoly munka, emiatt jogos érte pénzt kérni