



# Szenzorhálózatok és alkalmazásaik

---

Mobilitás szenzorhálózatokban. Szállítási réteg.

# Útvonalválasztási paradigmák

- Mobilitás szenzorhálózatokban
- Szállítási és alkalmazási réteg



# Mobilitás szenzorhálózatokban

---

# Mobilitás szenzorhálózatokban

- „Tipikusan” egy szenzorhálózat csomópontjai nem mozognak, de...
  - bizonyos esetekben hasznos lehet a mobilitás, vagy
  - A szenzorok mozgása nem elkerülhető.
  
- Egy szenzorhálózatban mozoghat...
  - a bázisállomás, és/vagy
  - a szenzorok, és/vagy
  - az „események”, követendő objektumok.

# Mobilitás szenzorhálózatokban

- A mobilitás célja lehet..
  - energiahatékonyság,
  - lefedettség biztosítása,
  - topológia-kontroll,
  - megfigyelés „minőségének” javítása.
  
- Egy mobil szenzorhálózat képes fizikailag is reagálni a környezet vagy események változásaira.

# Mobilitás szenzorhálózatokban

- A szenzorok/bázisállomás mozgása lehet...
  - kontrollált (pl. vezérelt (mikro-)robotok)
  - kontrollálatlan (pl. vízfelszínen sodródó szenzorok)
  
- A szenzorok (aktív) mozgatása meglehetősen energiaigényes, speciális hardver szükséges.

# Bázisállomás mobilitása

- A bázisállomás (BS, nyelő) mozgásának célja/oka lehet...
  - A felhasználó mozog a szenzorhálózat területén
    - Pl. katonák vagy járművek a műveleti területen
  - A nyelő (véletlenszerűen) bolyong a területen
    - Pl. állatokra/turistákra szerelt adatgyűjtő egységek
  - A nyelő csomópontokat a hálózat/felhasználó vezérli
    - Pl. energiahatékony működés,
    - konnektivitás biztosítására.

# Bázisállomás mobilitása

- A BS mozg(at)ása számos kérdést felvet:
  1. „Hogyan jelenti be az új pozícióját a szenzoroknak?”
  2. „Hogyan állítják be a szenzorok az új kommunikációs utakat?”
  3. „Milyen hatással van a BS elmozdulása az egyéb energiahatékony működést biztosító megoldásokra (pl. klaszterek, adat-aggregáció)?”



# Bázisállomás mobilitása

- Bár szenzoroknál nem tipikus, a BS esetében feltételezhetjük, hogy nem okoz gondot a mobilitás megoldása.
- A nyelő elsődleges feladata a szenzor-adatok begyűjtése.
- Ötlet: *A kommunikációs energia csökkentéséhez a BS „elébe mehet” az adatoknak, és akár „helyben” begyűjtheti azokat!*
- Előny:
  - Elkerülhető a szenzorok adatküldése nagy távolságra, akár direkt, akár multi-hop kommunikációt használva.
  - Nem kell útvonalakat kiépíteni a BS-hez, ha az „házhoz jön”.
    - (Pl. semi-smart metering)

# Bázisállomás mobilitása

- A BS mozg(at)ása lehet...
  - véletlen,
  - predikálható,
  - vezérelt,
  - adaptív.
  
- Egy BS mozoghat...
  - önerőből, vagy
  - valamilyen hordozó segítségével.

# BS véletlen mozgása

- **Véletlen mozgás** esetében nincs lehetőség az optimális útvonal és stratégia követésére.
  - Pl. „**data-mule**”: Környezet-monitorozás vadrezervátumban, ahol a megfigyelt területen belül a BS-eket állatokra szerelik.
  - Az állatok bolyongása során a BS-ek „előbb-utóbb” eljutnak a megfigyelt terület különböző részeire.
- A szenzorok vagy...
  - észreveszik, hogy egy BS a közelükbe ér, és átadják az addig gyűjtött adataikat, vagy...
  - a BS pilot-jeleket küldve lekéri a környezetében lévő szenzoroktól az adatokat.
- Az adatátviteli késleltetés tipikusan nagyon nagy, változó, az adattovábbítás nem mindig garantált.

# BS előrejelezhető mozgása

- **Predikálható BS mozgás** esetében az adatgyűjtés a hálózatban megtervezhető.
  - Pl. a BS egy adott nyomvonalon, periódikusan végighaladva bejárja a hálózatot, és begyűjti az adatokat.
- Előnyök:
  - A szenzoroknak nem kell nagy távolságban lévő BS-sel kommunikálni.
  - A késleltetés nagy lehet ugyan, de biztosan kézben tartható, minőségi garancia adható (pl.  $\max D < \text{köridő}$ )
  - Kevés ( $\sim 1$ ) BS is elég az egész hálózat lefedésére és kiszolgálására.

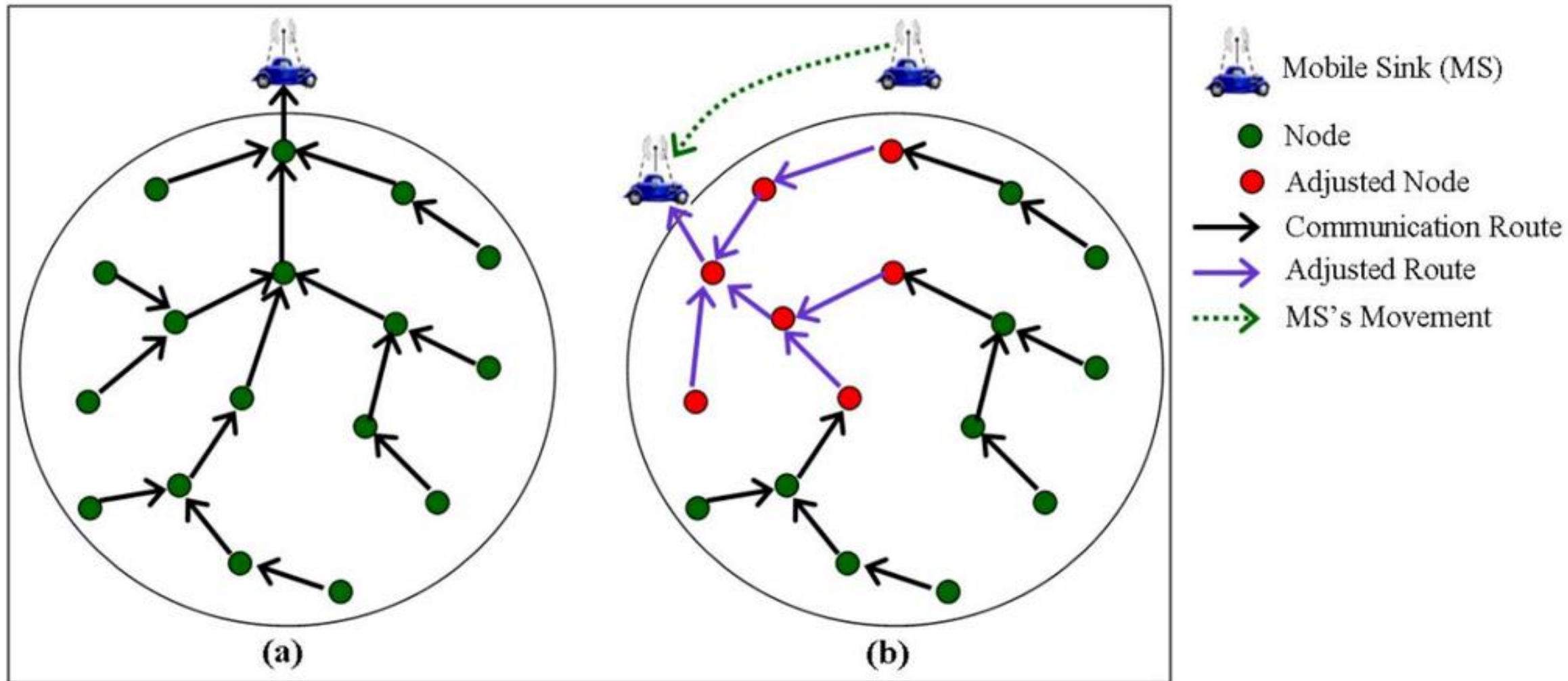
# BS adaptív mozg(at)ása

- **Adaptív BS mozg(at)ással** érhető el a leghatékonyabb hálózati működés.
  - Pl. A BS oda megy, ahol abban az időben a legnagyobb szükség van rá.
- Előnyök:
  - Energiahatékony működés biztosítható.
  - Megoldható a hálózat egyenletes terhelése.
    - *FONTOS: Sokszor csak azért kell elmozdítani a BS-t, mert (multi-hop esetén) a körülötte lévő szenzorok nagyon lemerülnek!*
  - Változó hálózati topológia (pl. szenzorok lemerülése) lekövethető.
  - Igény szerinti, adaptív mozgás lehetséges.
  - A BS az „esemény” helyszínére sietve egyéb adatokat is gyűjthet.

# BS vezérelt mozgatása

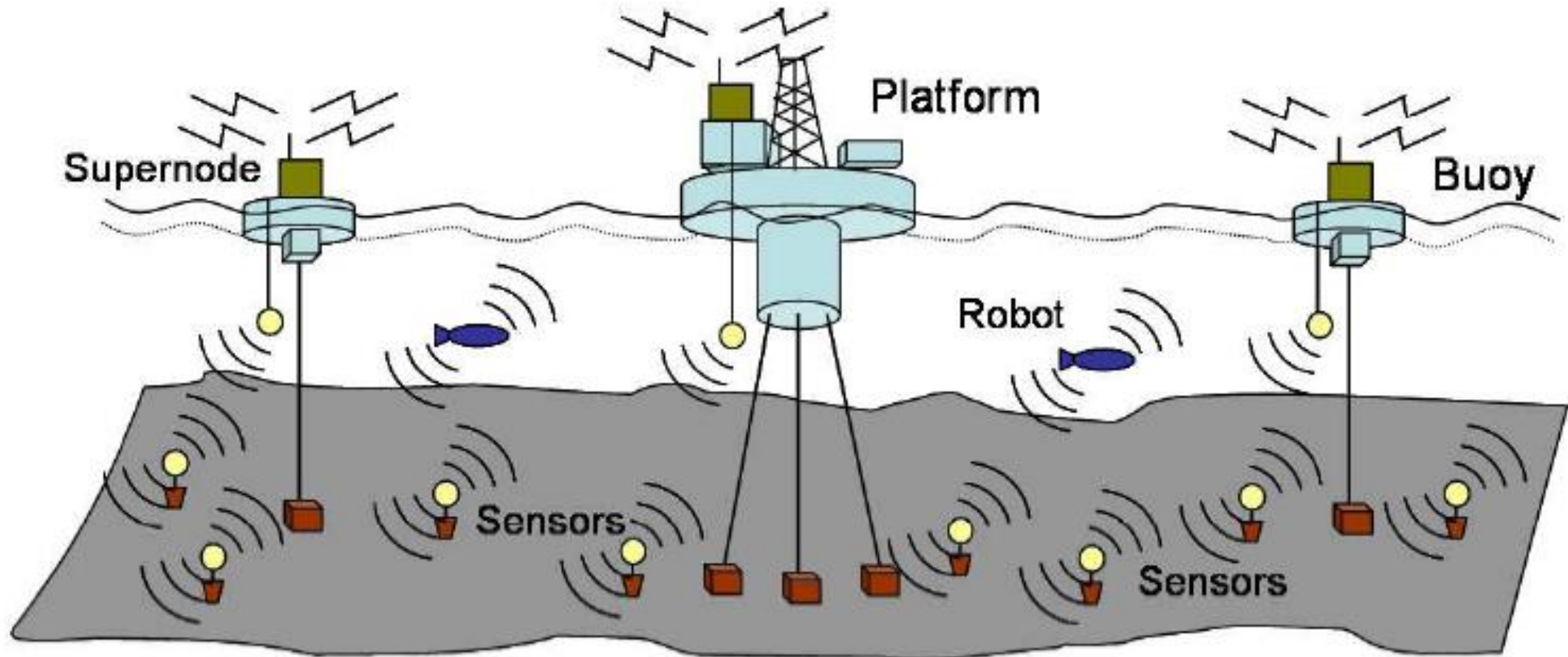
- **Vezérelt BS mozgatás** esetén az útvonal és időzítés egy választott stratégia szerint alakítható.
  - Pl. A BS mindig a minket érdeklő hálózati szegmensbe mozgatható.
- Előny:
  - (Értelemszerűen) nagyobb kontroll = több lehetőség
  - Több BS koordináltan mozgatható
  - Garancia nyújtható az adatminőségre
- Megjegyzés: A BS mozgatásának korlátait és költségeit figyelembe kell venni!

# BS vezérelt mozgatósa (példa)





# BS vezérelt mozgató (példa)





# Szenzorok mozgatása

- A BS-sel ellentétben a szenzorok mozgatása kritikus lehet az energiafogyasztás és költség szempontjából!
- A szenzorok mozgása lehet véletlen, vagy vezérelt.
- **Véletlen mozgás** szenzorok esetében tipikus, ha a közeggel ill. környezettel együtt mozognak, passzív módon.
  - Pl. Szenzorok folyókban vagy tengerek felszínén, levegőben, víz alatt, gleccsereken, stb.
  - Pl. Állatokra, járművekre szerelve...

# Szenzorok mozgatása

- Szenzorok **vezérelt mozgatása** esetén lehetőség nyílik...
  - a lefedettség növelésére,
  - az összefüggőség biztosítására,
  - az energiafogyasztás kiegyenlítésére.

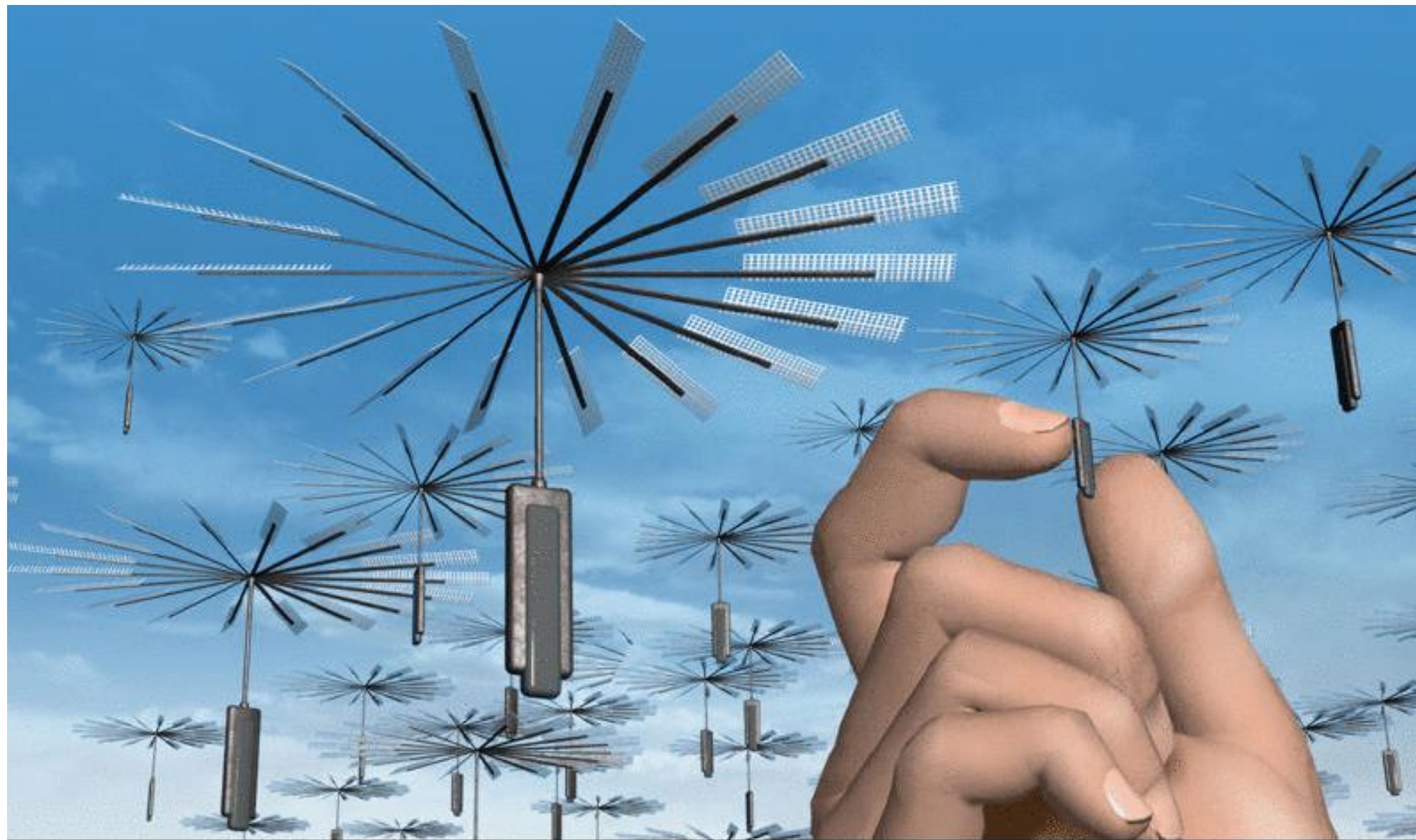
# Szenzorok mozgatása

- Sok esetben a szenzorok mozgatása csak a telepítés után, egyszer történik meg a megfelelő topológia kialakításához.
  - Pl. lefedetlen területek, egyenlőtlen node-sűrűség, kommunikációs „lyukak” kiküszöbölésére (=topológia kontroll).
- Esetenként csak a szenzorok egy (kis) része mozgatható, a többség nem.

# Szenzorok mozgatása

- Eseményvezérelt hálózatok esetében a szenzorok **adaptívan elmozoghatnak** az „érdekesebb” területek felé.
  
- Szenzormozgatás stratégiája lehet...
  - **reaktív**: az eseményekre reagálva mozognak a szenzorok
    - Pl. közelebb húzódnak az érdekesebb területekhez
  - **proaktív**: megpróbálnak optimálisan (egyenletesen) elhelyezkedni.

# Szenzorok mozgatása (példa)





# Szenzorok mozgatása (példa)



Robot Prototype (Photos from Simon Watson. University of Manchester)

# Szenzorok mozgatása

- Egy lehetséges algoritmus-család a szenzorok mozgására a **potenciálmezőn alapuló** megoldás
  - Pl. elektrosztatikus mező utánpótlása, a szenzorháló „magától” szétterül egyenletesen.

# „Virtuális” mozgás szenzorhálózatban

- **Mobil ágensek:** Olyan kódrészletek, amelyek a hálózaton belül mozognak, adott területen hajtódnak végre.
- Egyenlőtlen vagy időben változó (pl. esemény-vezérelt) felajánlott forgalom esetében megéri pl. az adatokat helyben feldolgozni.
- A hálózat átkonfigurálható a BS-ek virtuális áthelyezésével is.



# Szállítási és alkalmazási réteg

---

# Szállítási és alkalmazási réteg

## Szenzorhálózatok architektúrája

## ISO OSI

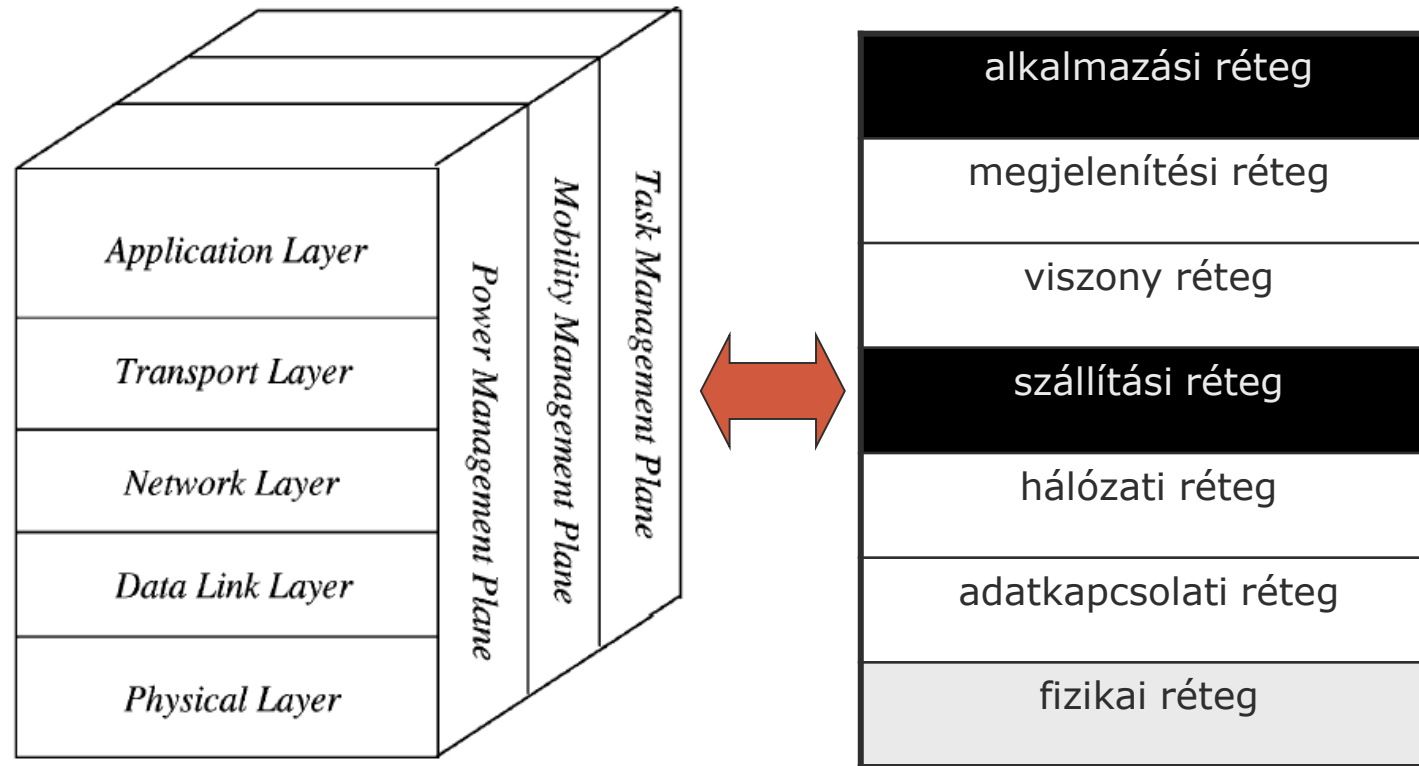
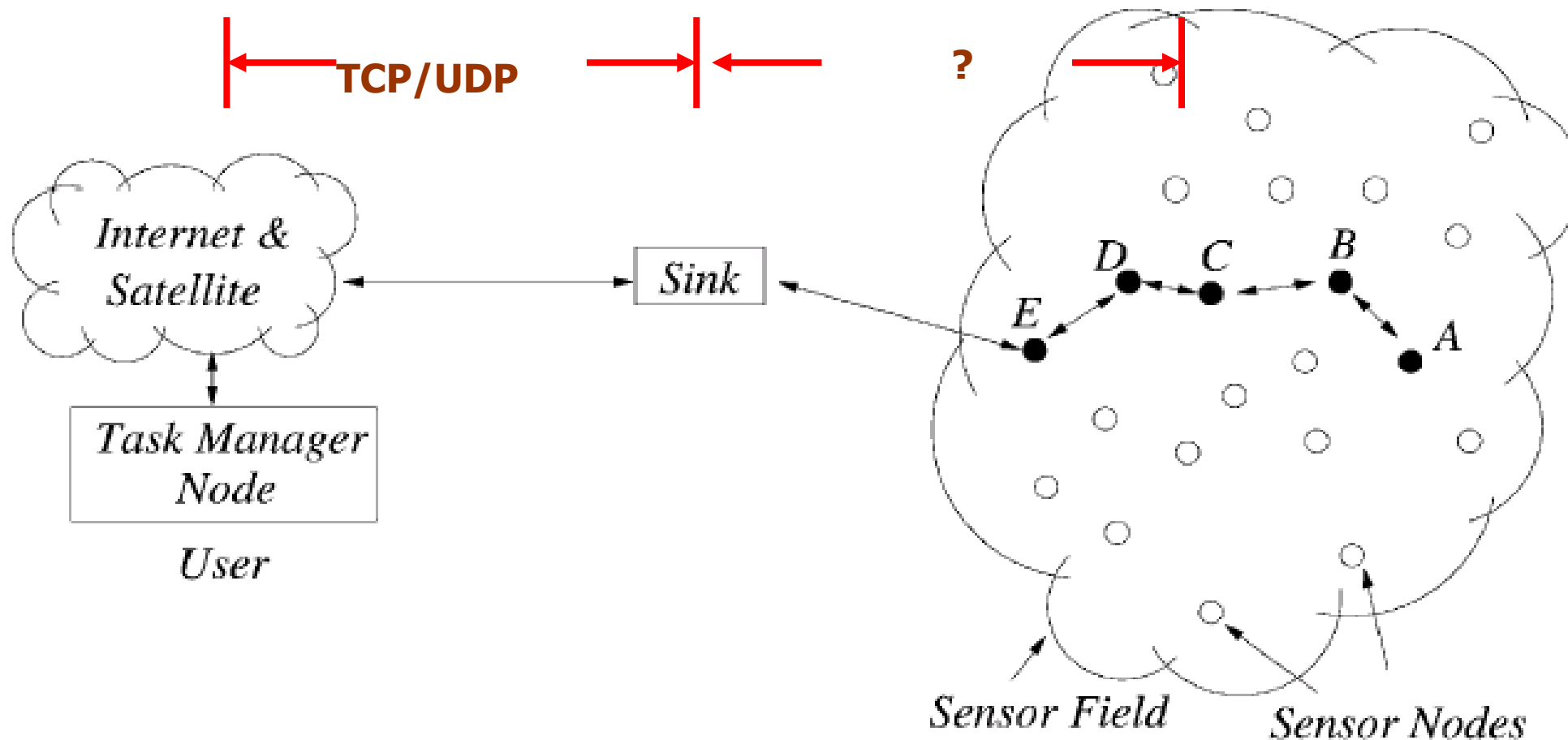


Fig. 3. The sensor networks protocol stack.

# Szállítási réteg

- A szállítási réteg szükséges lehet, ha a szenzorhálózatot az Interneten vagy más külső hálózaton keresztül érjük el.



# Szállítási réteg

- A TCP-szerű megoldások nem alkalmazhatóak
  - Nincs mindig egyedi címezés.
  - Nincs elegendő memória a node-okban.
  - Nagy többletköltség a TCP „kézfogás” és az állandó nyugtázás.
  - A torlódásvezérlés szükségtelen, bonyolult.
- Inkább UDP-szerű kommunikáció a kedvező.
- „TCP-splitting”: A TCP kapcsolat a BS-nél befejeződik, a szenzorhálózaton belül datagrammok.
- Jelenleg nincs(!) javaslat vagy kutatási eredmény szenzorhálózatokban is alkalmazható szállítási réteg protokollra!

# Alkalmazási réteg

- A javasolt alkalmazások széles skálájával ellentétben az alkalmazási réteg-beli protokollok szenzorhálózatokban még alig kutatott terület!
- Lehetséges menedzsment protokollok:
  - **SMP – Sensor Management Protocol**  
(Szenzor menedzsment protokoll)
  - **TADAP – Task Assignment and Data Advertisement Protocol**  
(Feladat hozzárendelés és adat hirdetés protokoll)
  - **SQDDP – Sensor Query and Data Dissemination Protocol**  
(Szenzor lekérdezés és adatterjesztés protokoll)
- Megjegyzés: Ezek a protokollok még nem definiáltak!

# SMP – Sensor Management Protocol

- A hálózat és a szenzorok menedzsmentje fontos feladat.
- Egy alkalmazási réteg-beli menedzsment protokoll feladata az alacsonyabb szintű fizikai és szoftver rétegek **átlátszóvá tétele** az alkalmazás felé.
- A rendszeradminisztrátorok SMP segítségével tarthatnak interaktív kapcsolatot a hálózattal.
- Globális azonosítók hiányában az SMP-nek attribútum- és elhelyezkedés alapú címzést is kell tudnia kezelni.

# TADAP – Task Assignment and Data Advertisement

- Fontos feladat a minket érdeklő információk kinyerése a hálózathoz.
- Lehetőségek:
  - A felhasználó megmondja a szenzoroknak, vagy a szenzorok egy csoportjának, hogy milyen adatokra van szüksége.
    - Pl. Egy mennyiség értékét, vagy egy jelenség bekövetkeztét
  - A szenzorok hirdetik az elérhető adatokat a felhasználónak, majd a felhasználó a számára érdekes adatokat lekéri.
- Egy alkalmazási réteg-beli feladatkiosztási vagy adathirdetési protokoll nagy segítség lehet az alsóbb rétegek működéséhez (pl. routing).

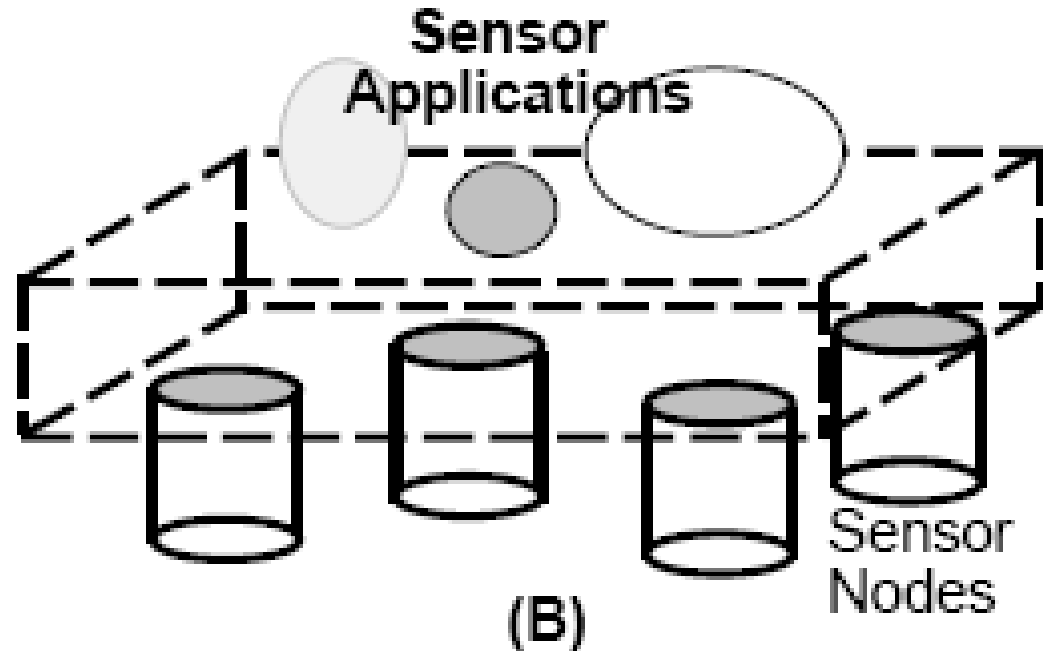
# SQDDP – Sensor Query and Data Dissemination Protocol

- Az SQDDP egy interfészt nyújt az alkalmazások felé
  - lekérdezések küldéséhez,
  - válaszadáshoz lekérdezésekre,
  - beérkező válaszok összegyűjtéséhez.
- Attribútum- és elhelyezkedés alapú címezést használ
  - Pl: „Hol vannak azok a szenzorok, amelyek 70 foknál magasabb hőmérsékletet érzékelnek?”
  - Pl: „Milyen a hőmérséklet a délnyugati szektorban?”
  - Pl. nem: „Mi a mért érték a #38726-os szenzornál?”
- Az alkalmazástól függően különféle, egyedi SQDDP variánsok hozhatók létre.



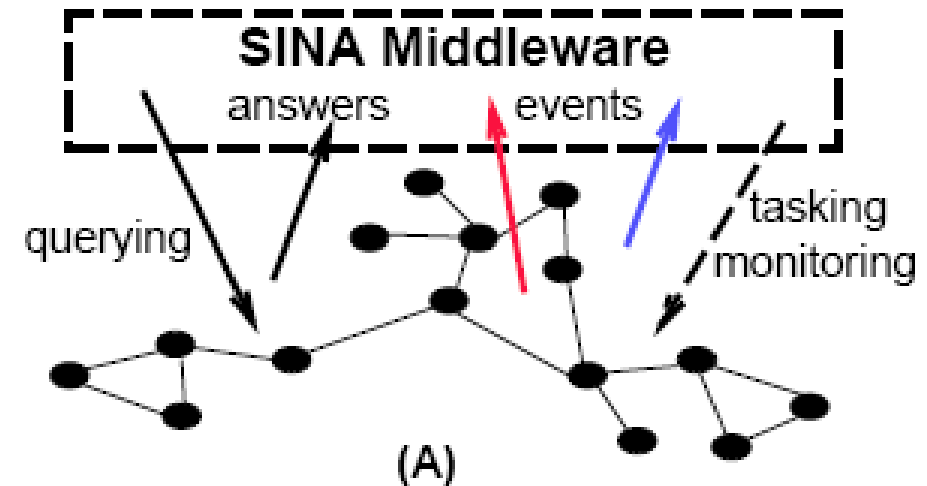
# SINA és alkalmazások

- SINA = Sensor Information Networking Architecture
- Absztrakció: A szenzorhálózatot mint elosztott objektumok gyűjteményét (adatbázis!) tekintjük.
- SINA middleware



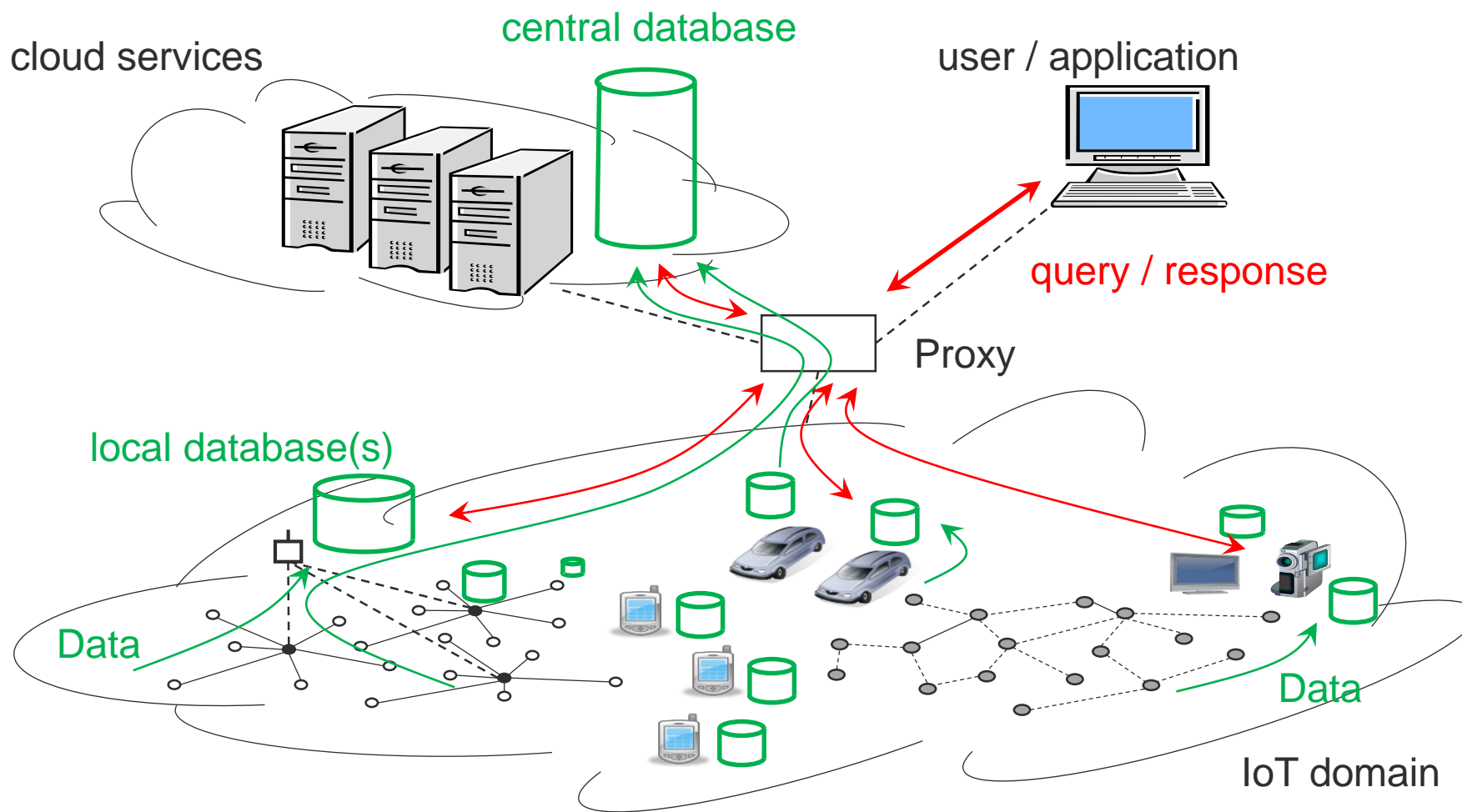
# SINA architektúra

- SINA middleware szerepe: az alkalmazások számára lehetővé teszi
  - lekérdezések (query) indítását,
  - feladatok (task) terjesztését,
  - válaszok és eredmények begyűjtését,
  - hálózat állapotának megfigyelését.



# Szenzor adatok a felhőben

- Adatok a felhőben, de az IoT tartományban is



# Szenzor adatok a felhőben

- Elosztott adatbázis a felhő és az IoT domain között

