

# Szenzorhálózatok

Szenzorhálózatok alkalmazásai (2011.12.03)

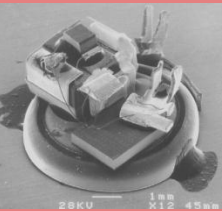
Vidács Attila

Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

I.E.325, T:19-25, vidacs@tmit.bme.hu

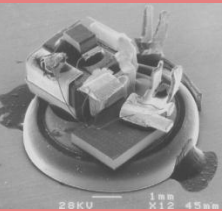
# Alkalmazási területek

- Alkalmazási területek
  - Katasztrófaelhárítás
  - Környezet monitorozás
  - Intelligens épületek
  - Gyártósorok felügyelete
  - Precíziós mezőgazdaság
  - Egészségügyi ellátás
  - Logisztika
  - Intelligens közlekedés
  - Biztonság, behatolás detekció
  - Katonai alkalmazások
  - **...és még sok más!**
- Konkrét alkalmazási projekt
  - Great Duck Island projekt
- Kitekintés



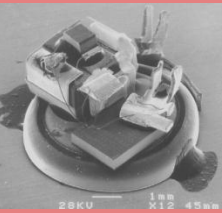
# Katasztrófaelhárítás

- A leggyakrabban emlegetett felhasználási terület
- Pl. erdőtűz nyomkövetése
  - A szenzorok hőmérsékletet mérnek, és képesek a saját pozíciójuk meghatározására (abszolút koordinátákkal)
  - Repülőgépről „szórják” le a szenzorokat
  - A hálózat feladata egy hőtérkép felrajzolása, vagy a tűzterület határának megrajzolása
  - A felhasználó (nyelő) csomópontok a tűzoltók PDA-i
- Főbb követelmények:
  - Tipikusa nagyon sok, olcsó szenzor szükséges
  - Az élettartamra nincs szigorú megkötés
- Hasonló alkalmazási területek:
  - Katonai alkalmazások: tűz helyett ellenség
  - Kémiai anyagok szennyezése



# Környezet monitorozás

- Pl. szennyező anyagok szivárgása/terjedése a környezetben:
  - Szemétlerakó alatt és körül milyen anyagok szivárognak a talajba, folyókba.
  - A tengerfenék eróziójának nyomon követése.
- Állatok, növények élőhelyének, populációjának megfigyelése
  - Pl. Mennyi és milyen fajtájú állat él egy adott helyen
- Főbb követelmények:
  - (Nagyon) hosszú idejű, felügyelet nélküli működés
  - Ne legyen zavaró (kicsi, környezetbe illeszkedő szenzorok)
  - Nagy megfigyelt terület esetén nagy darabszám



# Intelligens épületek

- Pl. A légkondicionáló (HVAC) rendszerek energiahatékonyabb és nagyobb komfortot nyújtó működtetése
  - A hőmérséklet, légáramlás, páratartalom (stb.) nagy pontosságú nyomon követése szenzorokkal.
  - Tipikusan ezek behuzalozott rendszerek manapság.
- Az épületben elhelyezett szenzorok mérhetik továbbá
  - a szeizmikus mozgásokat (pl. földrengés)
  - az épületelemek állapotát (pl. földrengés után biztonságos-e bemenni, vagy össze fog omlani)
  - az épületben tartózkodó személyeket (pl. vannak-e még odabent, esetleg romok alatt)
- A vezetéknélküli megoldás fontos lehet pl. az épület sérülésekor!

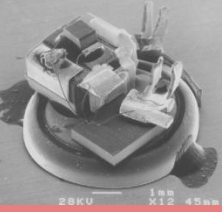


# Intelligens épületek (folyt.)

---

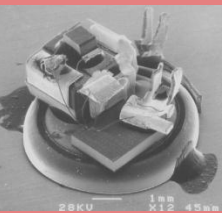
## □ Követelmények

- Ha nincs tápellátás, az élettartamra nagyon szigorú előírások lehetnek.
- Nem kell nagyon sok szenzor, az árak is „eltörpül” az épület költsége mellett.



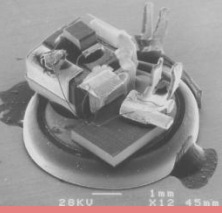
# Gyártósorok felügyelete

- Gyártósorok (gépsorok) folyamatos felügyelete szenzorokkal
  - Szenzorok telepíthetők nehezen elérhető/megfigyelhető (pl. veszélyes) gépsorokhoz
    - Pl. mechanikus munkagépek bányákban, kohókban
  - A szenzorok figyelhetnek mechanikus vibrációs mintákat, szelepeket, amiből a meghibásodások megelőzhetők még a hiba fellépte előtt.
    - Pl. vonatszerelvények tengelyeire rögzített szenzorok
- Nagy előny lehet itt a kábel nélküli telepíthetőség!
- Követelmények:
  - Megbízhatóság
  - Tápellátás nélkül hosszú élettartam
  - Az ár nem elsődleges, kevés számú szenzor



# Precíziós mezőgazdaság

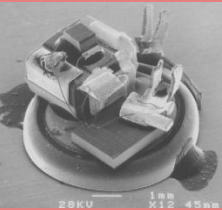
- A megművelt területekre telepített szenzorokkal megoldható...
  - a precíz (takarékos) öntözés és kémiai kezelés,
  - kártevők, fertőzések detektálása
- Előny: takarékos és jobb minőség egyszerre!
- A haszonállatokra szerelt szenzorokkal megoldható...
  - az állomány egészségi állapotának nyomon követése, riasztások kiadása betegség esetén
    - Pl. szenzor minden tehénre (testhőmérséklet, lépésszámláló, ...)
- Követelmény:
  - A szenzorok száma szántóföldenként nem is olyan nagy, mint gondolnánk! (pl. 100m x 100m szenzoronként)





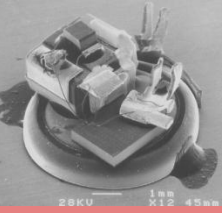
# Egészségügyi ellátás

- Az egészségügy számos területén bevethetők szenzorok
  - Pl. Műtétek utáni kezelés, ahol a szenzorok a páciens életfunkcióit monitorozzák, de kábelek nélkül.
  - Idősek vagy hosszan betegek folyamatos monitorozása.
  - Gyógyszerek és felhasználásuk nyomon követése.
    - Pl. Rossz gyógyszert, rosszkor kap(na) a beteg.
  - Orvosok és betegek nyomon követése egy kórházon belül.
  - ...
- Követelmények:
  - Nagy(!) megbízhatóság – szó szerint élet-halál kérdése is lehet!



# Logisztika

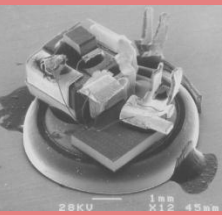
- Logisztikai feladatoknál fontos az áruk/objektumok azonosítása és nyomon követése szállítás és raktározás során.
  - Pl. RFID-tag-ek
- Legtöbbször nem szükséges a szenzoroknak aktívan kommunikálni (pl. leolvasópontok), de...
  - Egy intelligens szenzor az RFID tag-hez képest képes adatokat gyűjteni az áru „élettörténetéről” is
    - Pl. a szállítás során milyen behatások érték, merre járt, ...
  - Egy felhalmozott raktárkészletben egy adott elem megtalálásához jól jöhet az aktív kommunikáció
    - pl. keresés konténeren belül
- Pl. veszélyes anyagok szállításánál és tárolásánál fokozottan ügyelni kell a biztonságra
  - Pl. nem lehet hidrogénpalackot akárhová bevinni, vagy nem biztonságosan szállítani.



# Intelligens közlekedés

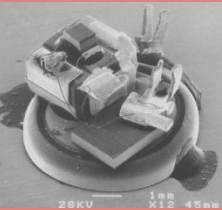
---

- A közlekedés biztonságosabbá és „könnyebbé” tehető intelligens érzékelők alkalmazásával
  - Pl. autó-autó kommunikáció
  - Pl. szenzorok „úton-útfélen”
- Többlet információ a vezetőnek és a járműnek egyaránt
  - Pl. ráfutásos balesetek elkerülése
  - Pl. gyalogos az út szélén sötétben
  - Pl. csúszós úttest a kanyar után
  - ...stb.



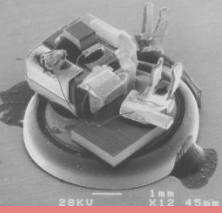
# Biztonság, behatolás detekció

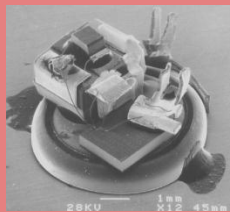
- Szenzorokkal remekül megoldható otthonok/épületek/területek biztonsági védelme
  - Tűz- és füstérzékelők, beavatkozók
  - Riasztórendszerek, mozgásérzékelők, ablak- és ajtónyitás, üvegtörés szenzorok
- Detekció és nyomkövetés
  - Pl. járművek észlelése (magnetométerrel) és nyomkövetés (szenzorhálózattal).
- Követelmények:
  - Nyomkövetés esetében a hálózati koordináció fontos.
  - Riasztások esetén megbízhatóság, gyors válaszidők.



# Katonai alkalmazások

- Talán(?) a szenzorhálózatok legtöbbet kutatott és fejlesztett alkalmazási területe!
- Példák katonai alkalmazásokra
  - Detekció és nyomkövetés
  - Barát/ellenség rendszerek
  - Logisztika
  - Orvlövész detektálás
  - Minden olyan terület, ahol az ember kiváltható!
  - Aknamező helyett szenzormező
- Követelmények:
  - *Hálózatbiztonság!!!*
  - Álcázás, robosztusság, megbízhatóság
  - Szinte minden előfordulhat...

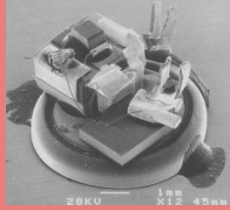
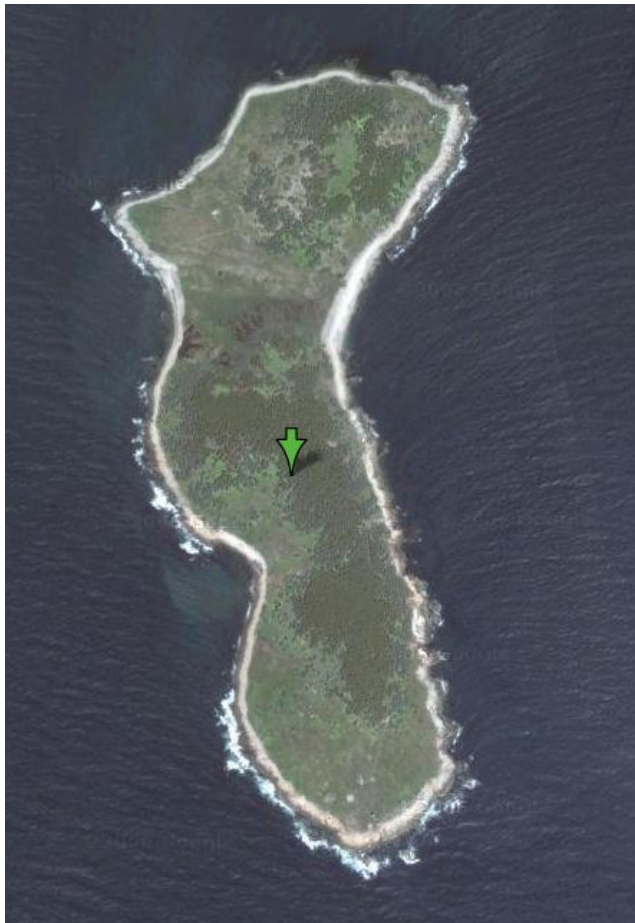




# Alkalmazás példa projektek

# „Great Duck Island” projekt

Környezet és élőhely monitorozás:  
Great Duck Island, Maine, USA



# Great Duck Island

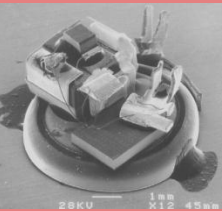
- Cél: Egy vihardár faj (Leech's Storm Petrel) kolóniák megfigyelése.
- Megfigyelendő:
  - fészek(lyuk) foglaltsága a költés ideje alatt,
  - a használt (vs. elhagyott) fészeklyukak mikroklímája,
  - Környezeti paraméterek a költési időszak 7 hónapja alatt.



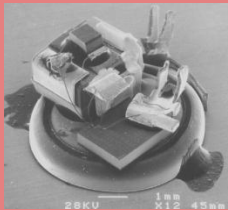
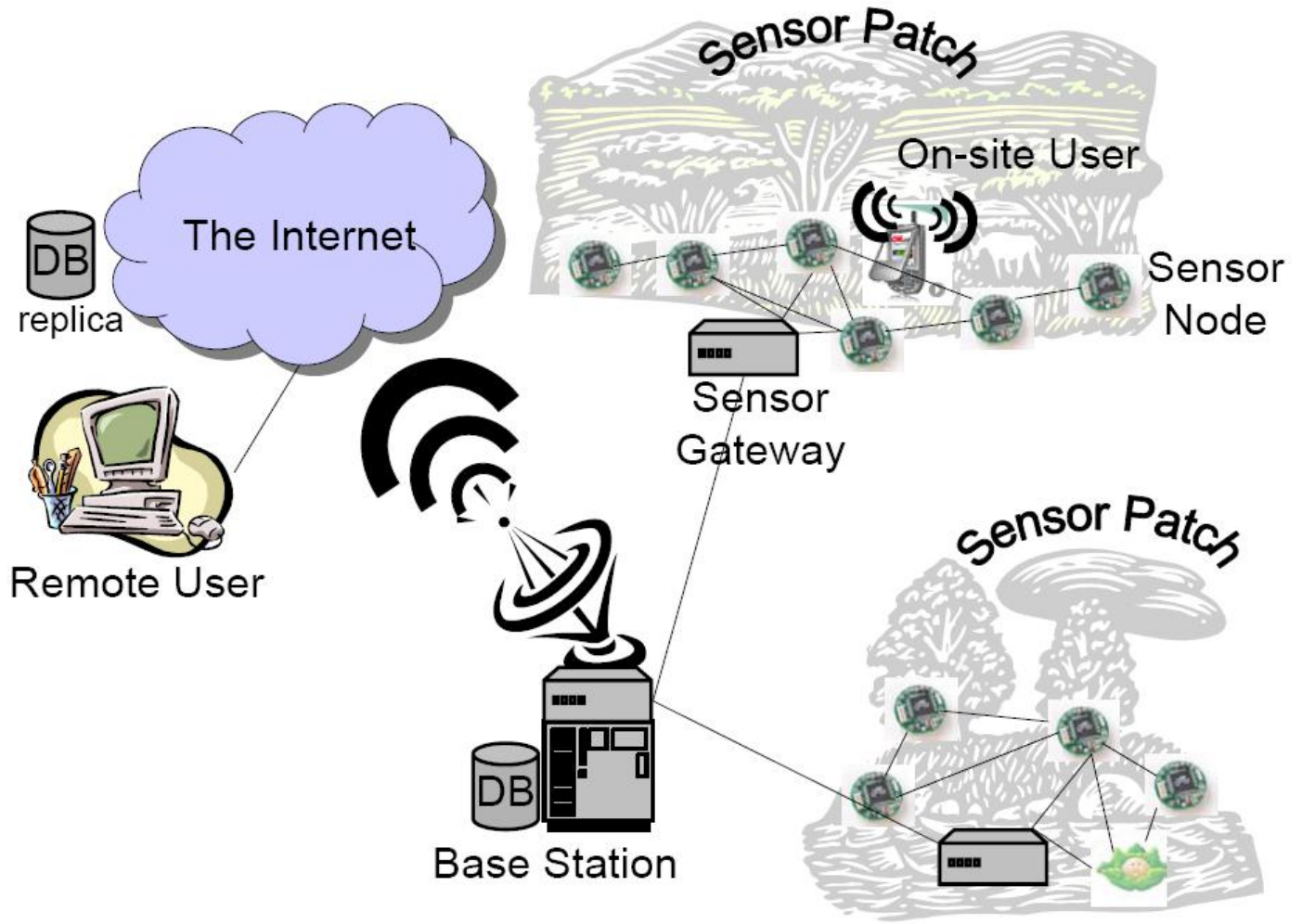


# Great Duck Island

- Az alkalmazás által támasztott követelmények:
  - Internetes hozzáférés
  - Hierarchikus hálózat
    - vezeték nélküli „gerinchálózat” szükséges
  - 9-12 hónapos folyamatos megfigyelés
  - Tápellátás nélküli működés
    - Napelemek itt-ott elérhetőek.
  - Távoli hálózatmenedzsment
    - Az interneten keresztül.
    - A helyszínen csak nyaranta 2-3 hónapig tartózkodik személyzet, a beüzemelésnél és eltávolításkor
  - Észrevétlen működés
    - A madarakat nem zavarhatja/befolyásolhatja semmi!
  - Helyszíni interakció
    - A helyszínre érkező személyzet PDA-kkal kommunikál a szenzor node-okkal.
  - Mért adatok (fény, hőmérséklet, rel. Páratartalom, IR, légnyomás) periódikus mérése és tárolása.

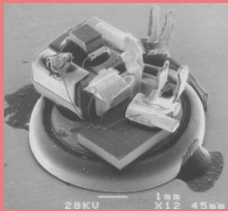


# Great Duck Island



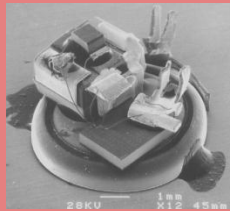
# Great Duck Island

- Szenzor mótók a hálózatban
  - Berkeley (most Crossbow) Mica mote
    - Egycsatornás 916MHz RF Monolithics, kétirányú kommunikáció 40 kbps-al
    - Atmel Atmega 103 mikrokontroller (4kHz, 512 kB)
    - 2db AA (ceruza)elem
  - Különálló I2C ADC
  
- A szenzorok mechanikai védelméről gondoskodni kell!



# Great Duck Island

- Szenzorkártya: Mica Weather Board
  - saját tervezés, a szenzorok egyenként ki-be kapcsolhatók;
  - hőmérséklet, fény, IR (Melexis), nedvesség (General Eastern, +-3% rel.), légnyomás (Intersema, 300-1100 mbar/0.1 mbar)



# Great Duck Island

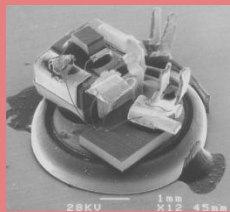
- Energia korlát: A követelmény 9 hónap és 2.5 Ah a két AA elemből, azaz 8.15 mAh/nap.
- Az alkalmazás dönti el, hogy az eszköz mennyit használ alvásra, érzékelésre, előfeldolgozásra és kommunikációra.

Operation	nAh
Transmitting a packet	20.000
Receiving a packet	8.000
Operating sensor for 1 sample (analog)	1.080
Operating sensor for 1 sample (digital)	0.347
Reading a sample from the ADC	0.011
EEPROM Read Data	1.111
EEPROM Program/Erase Data	83.333



# Great Duck Island

- Szenzor gateway-ek
  - CerfCube beágyazott rendszer
  - CompactFlash alapú 802.11b adapter
  - Embedded Linux op. Rendszer
  - 1GB(!) IBM MicroDrive
  
- Egy gateway fogyasztása 2.5 W(!)
  - Napelemek 60-120W teljesítménnyel napsütésben + 50-100Wh ólom-sav akkumulátor



# Great Duck Island

## □ Bázisállomás

- Csatlakozás az Internethez kétirányú műholdas összeköttetéssel.
- Laptop + relációs adatbázis kezelése
- Felügyelet nélküli működés (váratlan újraindulásokkal!)



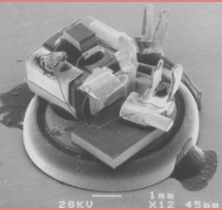
# Great Duck Island

---



- Relációs adatbázis

- SQL adatbázis
- Időbélyeggel ellátott mért szenzor adatok,
- Információ a szenzorok állapotáról (pl. elem töltöttség)
- Információ a hálózat állapotáról (összeköttetés és routing info)
- Meta-adatok (pl. szenzorok helyzete, típusa)



- „Gizmo” – kézi PDA

- iPaq PDA, Linux



- Szenzorhálózat

- Multi-hop kommunikáció
  - Hálózaton belüli előfeldolgozás
-



# Great Duck Island

## □ Problémák az első éles teszt során:

- A szenzorok túl nagyok, nem férnek be minden fészekbe.
- A szenzorok tokozása nem nyújtott megfelelő védelmet (korrózió)
- Csekély robusztusság, nagy veszteség a node-okban -> a mért adatok hiányosak, tudományosan nem megfelelő minőségűek.

## □ Fejlesztések:

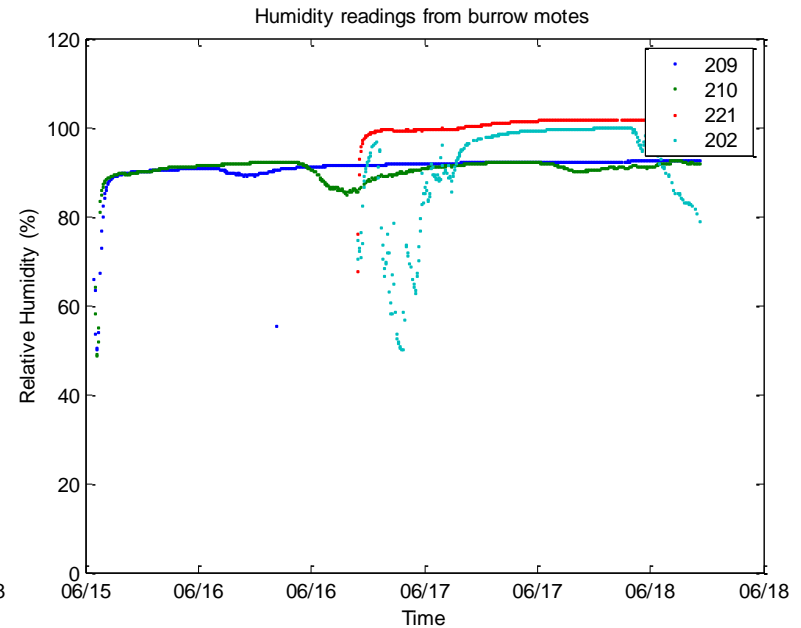
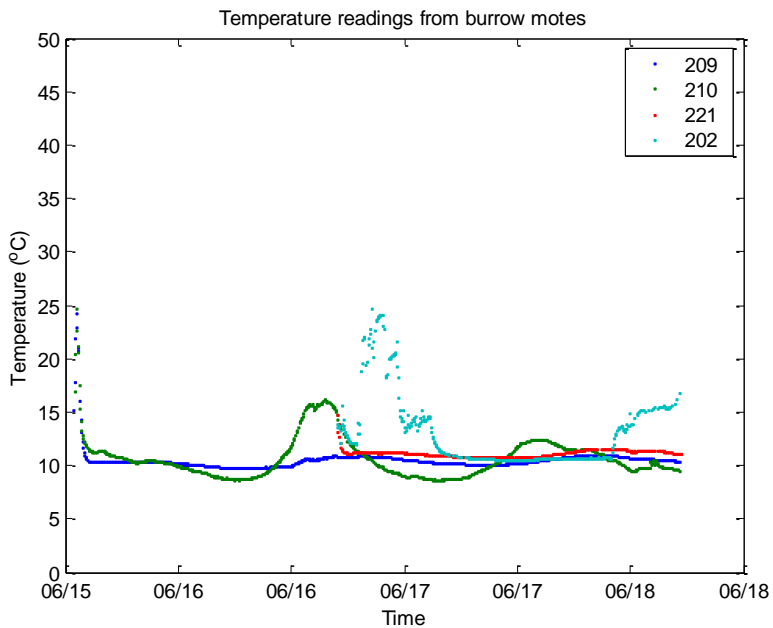
- Mica2dot platform
- Kalibrált, digitális szenzorok
- Miniatűr Weather Station szenzorok

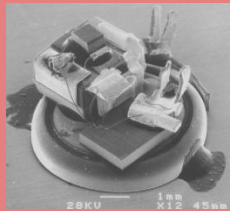


# Great Duck Island

## □ Alkalmazás státusza (2003. július):

- 26 fészekbe telepített mote
- 26 Weather Station szenzor
- 2 bázisállomás, 2 teljes adatbázis (robosztusság)
- A területet figyelő webkamerák

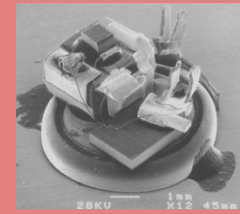
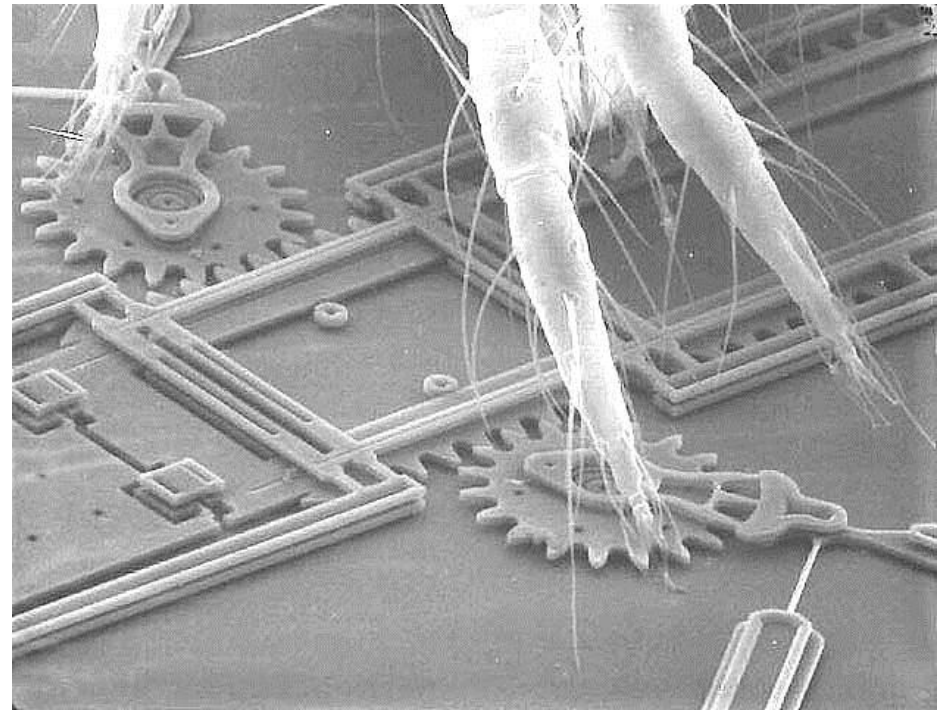
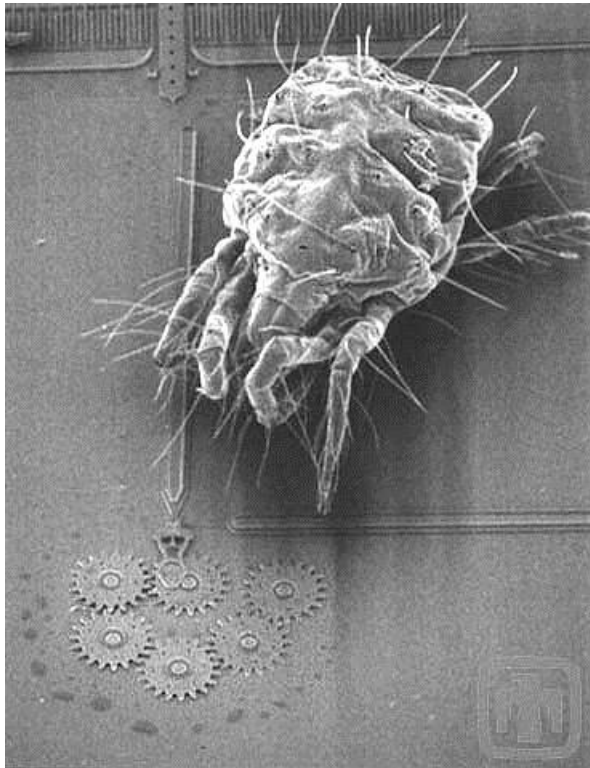




Kitekintés...

# Technológiai újdonságok

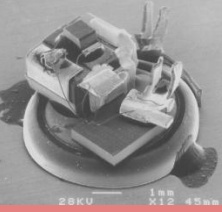
- MEMS – Mikro elektro-mechanikus rendszerek
  - Pl. gyorsulásmérők (giroszkóp), nyomásmérők
  - Beavatkozók (aktuátorok), motorok



# Technológiai újdonságok

---

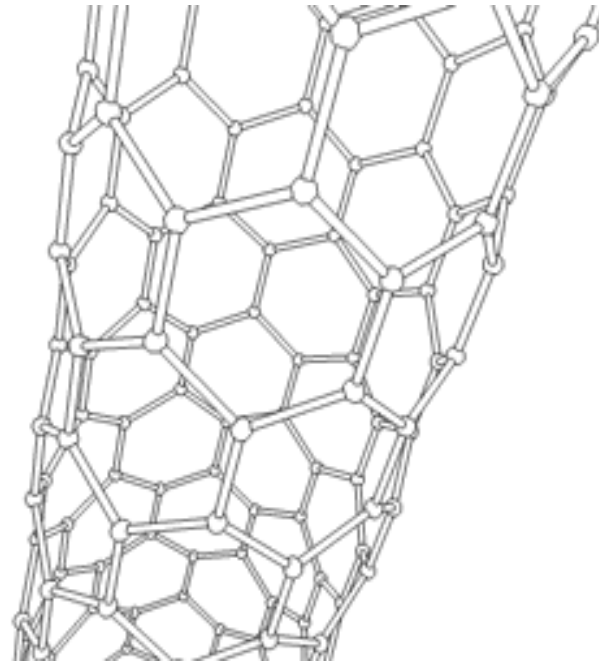
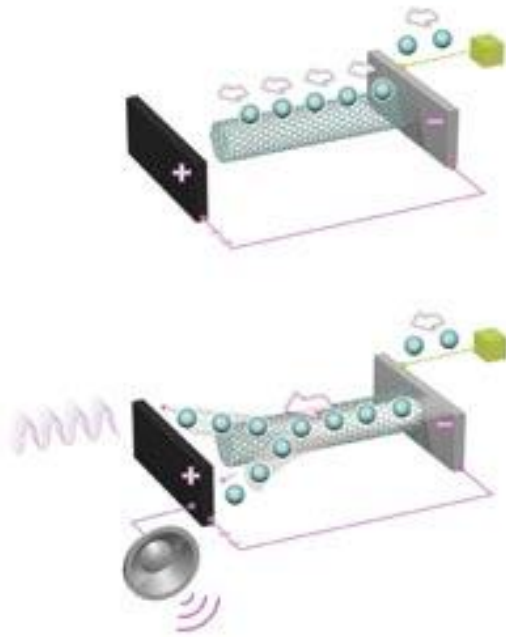
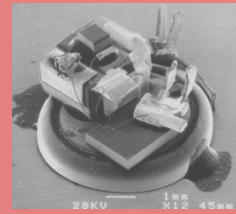
- NEMS – Nanotechnológiai elektro-mechanikus rendszerek
  - Mint a MEMS, csak kisebb
  - Top-down: „Készítsünk kicsi eszközöket, amelyek képesek még kisebb eszközöket készíteni”
  - Bottom-up: Molekuláris szintről kezdjük építkezni a kívánt bonyolultság eléréséig.



# Technológiai újdonságok

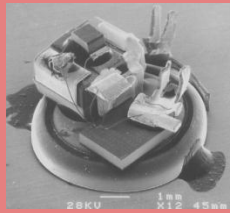
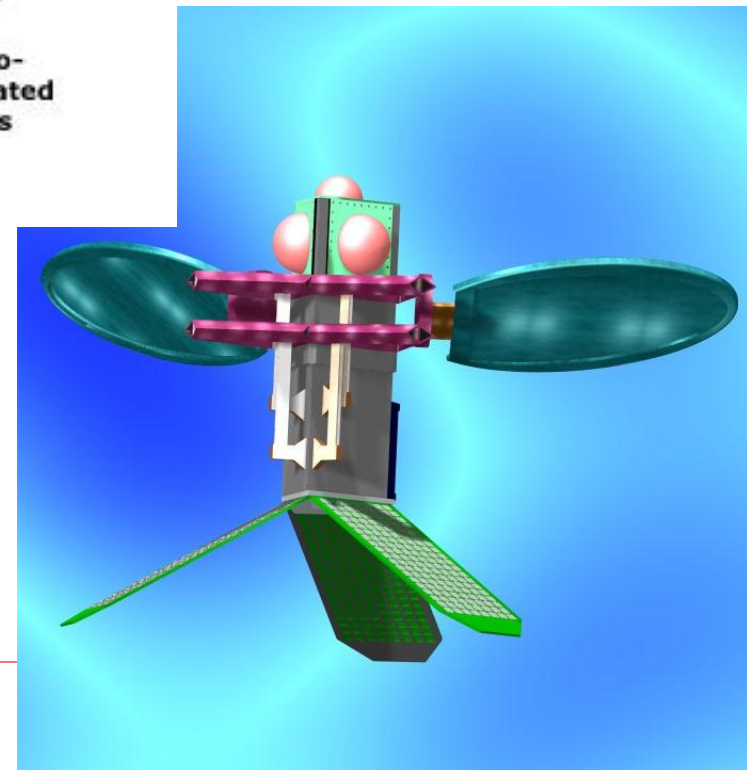
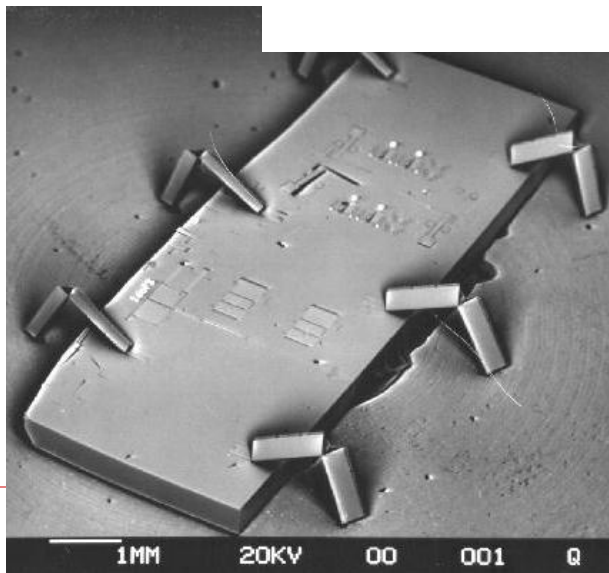
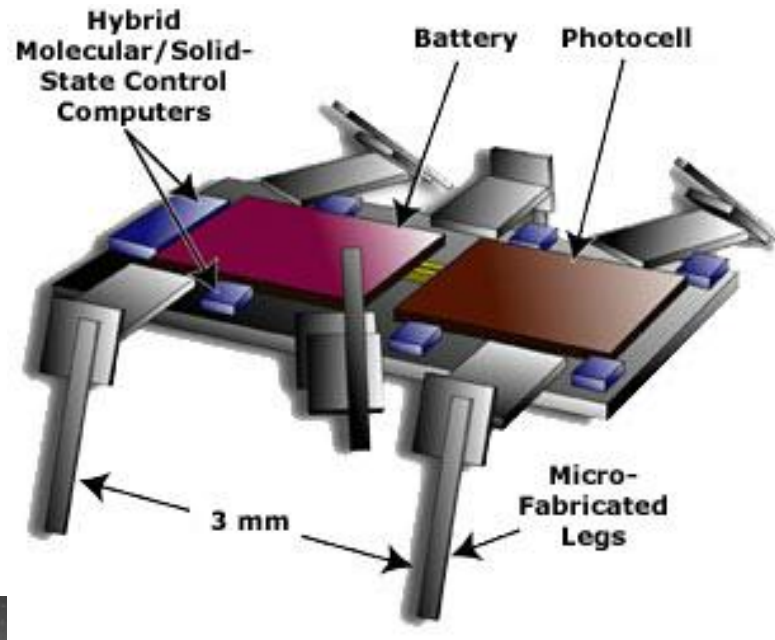
## □ Nanorádió

- Rádió adó-vevő a nanométeres nagyságrendben.
- Egyelőre csak vevő (2007. október, Alex Zettl, Berkeley), szén nanocső



# Technológiai újdonságok

□ Mikrogépek

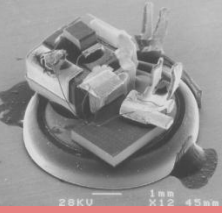


# Technológiai újdonságok

---

## □ Nanobioszenzorok

- A nanotechnológia egy ága, biológiai vagy biokémiai rendszereket követve
- Pl. mint az érzékszervi receptorok
  - Pl. illatok érzékelése, mesterséges orr

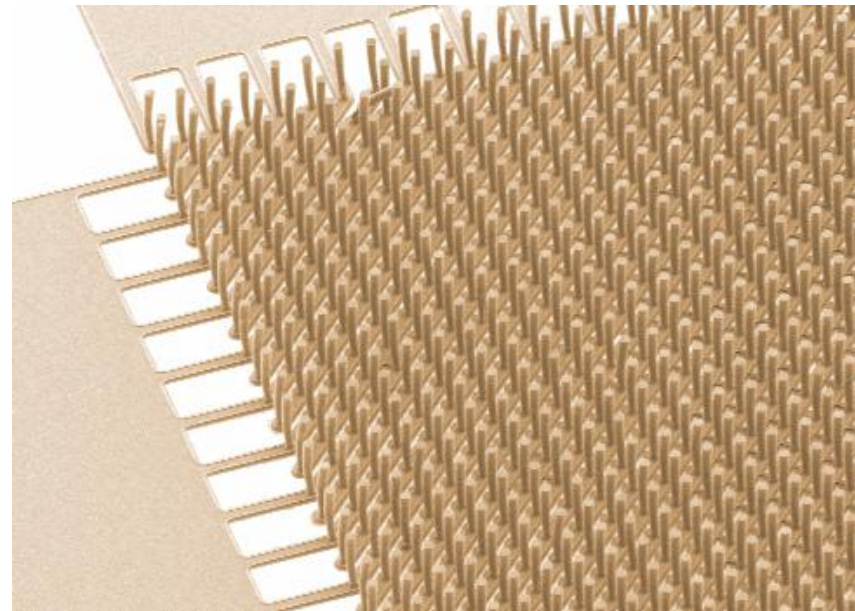




# Technológiai újdonságok

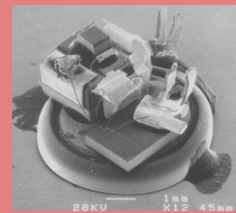
## □ Mikroelemek

- Az elektródák felülete megnövelhető
- 400 $\mu$ m magas „tüskék”, 20 $\mu$ m rácstávolsággal



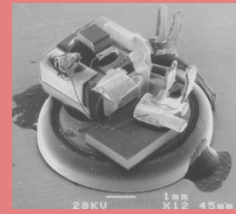
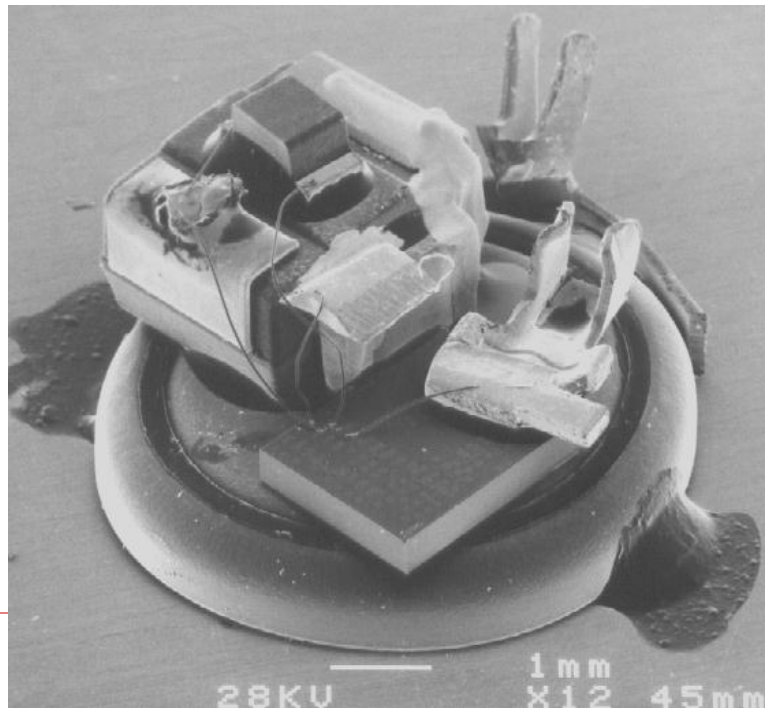
## □ Nukleáris mikroelemek

- Ni-63 radioaktív izotóp
- ~100 év felezési idő, több évtizedes élettartam
- Egy kis konzolt mozgató, piezoelektromos átalakítás

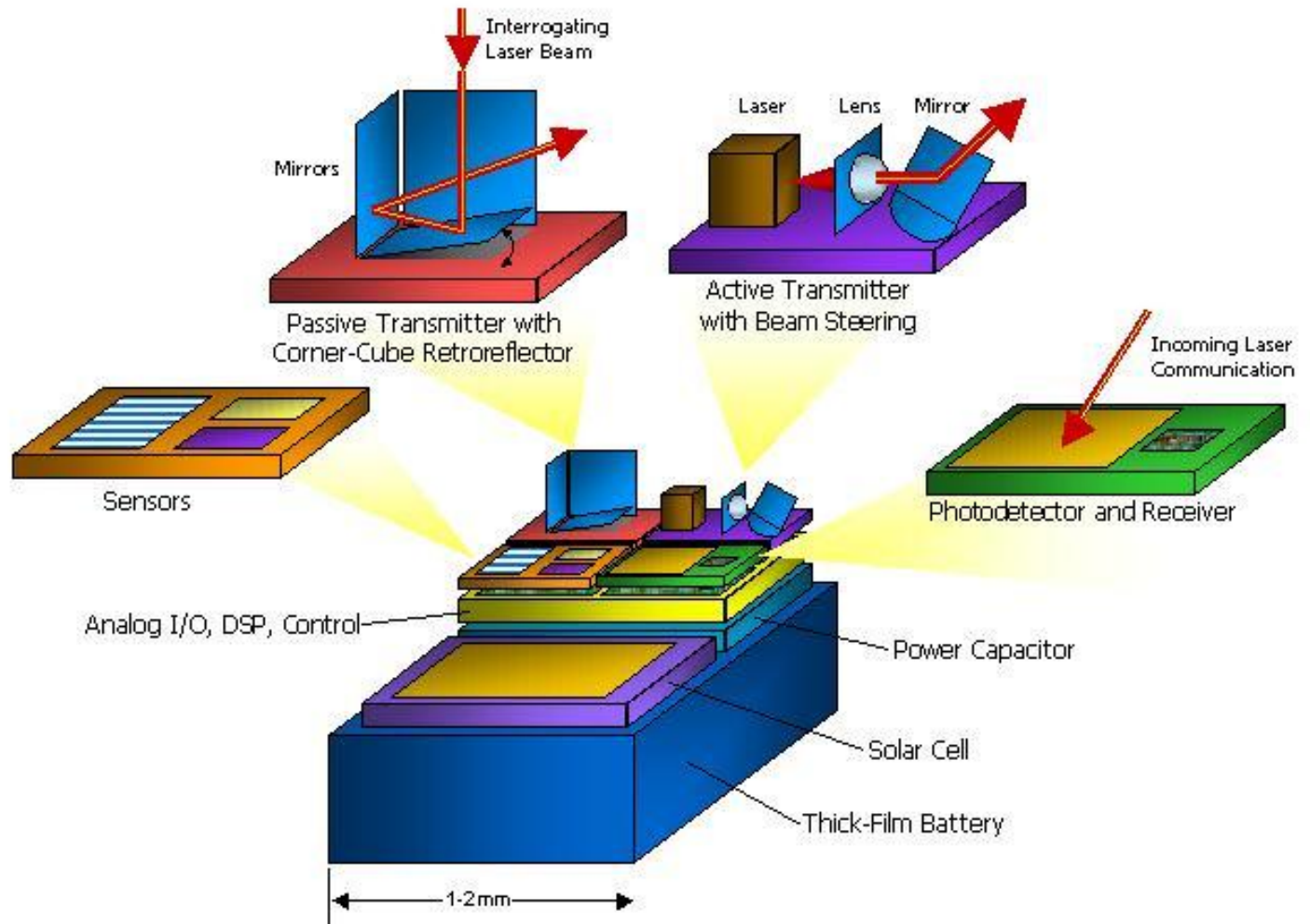
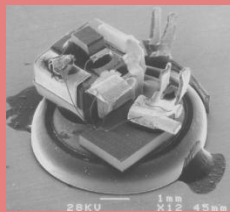


# Smart Dust

- Projekt a Berkeley-n
- A cél egy milliméter nagyságrendű, érzékelésre és kommunikációra képes szenzor mót megtervezése.
- A kommunikáció optikai (lézer diódák)
  - Állítható tükök segítségével bármilyen irányban képes kommunikálni (pásztázva az irányokat)

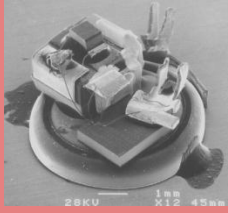
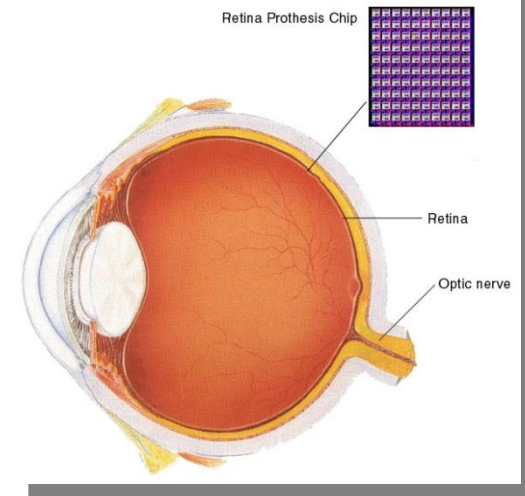
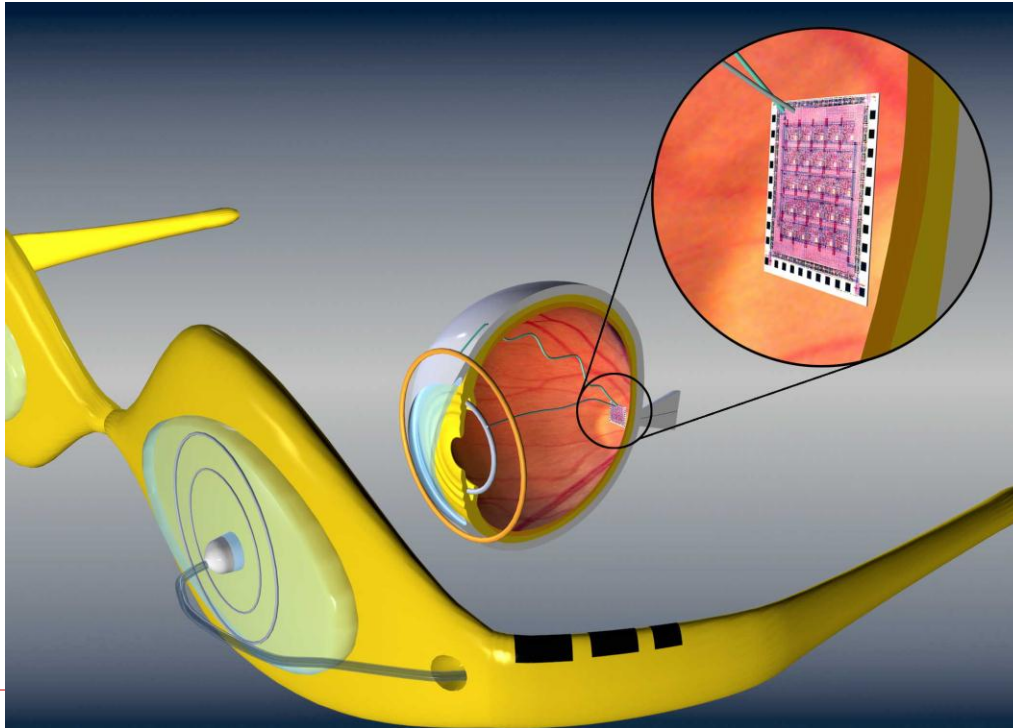


# Smart Dust mote



# (Bio)orvosi alkalmazhatóság

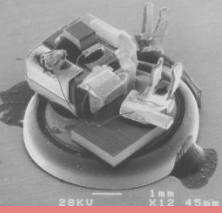
- ❑ Implantált gyógyszer adagológ
- ❑ Szenzorok a véráramban
- ❑ Mikro-sebészet
- ❑ Pl. mesterséges retina

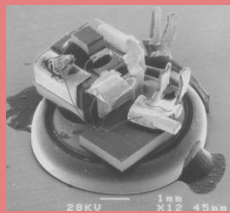


# Felvetések...

---

- Valószerű szenzoradatok + VR (virtuális valóság)
  - Pl. „látható hőmérséklet”
- Mögöttes technológia az ambiens intelligenciához (AmI)
- „Google” a fizikai világban
- Játékok...





VÉGE