

Szenzorhálózatok

Lokalizáció és nyomkövetés, mobilitás
(2011.11.23)

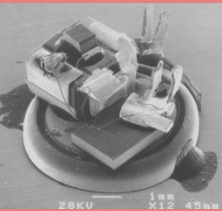
Vidács Attila

Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

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

Miről lesz szó?

- A lokalizációról (taxonómia)
- Lokalizációs módszerek, nyomkövetés
- Mobilitás szenzorhálózatokban
 - Bázisállomás mobilitása
 - Szenzorok mozg(at)ása

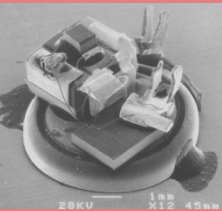


Lokalizáció szenzorhálózatokban

- A legtöbb alkalmazás megköveteli a helytudatos működést!
 - Pl. környezet-monitorozás, jármű nyomkövetés, stb.

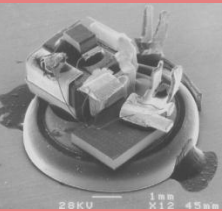
- Helytudatos működéssel energia is spórolható
 - Pl. elhelyezkedés-alapú útvonalválasztás
 - Nincs szükség útvonal felderítésre

- A GPS használata messze túl költséges szenzorhálózati node-okban!



Lokalizáció – taxonómia

- A lokalizációs információ lehet...
 - **fizikai**
 - Pl: Épület elhelyezkedése: 47°39'17"N 122 °18'23"W 20.5m
 - **szimbolikus**
 - Pl: „a konyhában”, „Berlin felé tartó vonaton”, ...
- Fizikai lokalizációs információt nyújtó rendszer kibővíthető szimbolikus lokalizációs infók nyújtására.
 - Pl. **Adatbázis**, ahol a fizikai lokációhoz egyéb információkat/szolgáltatásokat rendelhetünk.
 - Sokszor pont ezért használjuk!
- A különféle információs rendszerek együtt is használhatók lokalizációra.
 - Pl. GPS a vonatban + jegyfoglalási adatbázis + személyes naptárbejegyzések -> adott személy pozíciójának meghatározása

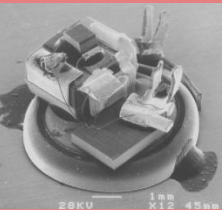


Lokalizáció – taxonómia (folyt.)

- Abszolút vs. relatív pozíció
 - **Abszolút** rendszerekben közös referencia grid használata (pl. GPS – földrajzi szélesség, hosszúság, magasság)
 - **Relatív** rendszerekben akár objektumonként más-más referencia keret. (pl. relatíve saját magához képest)

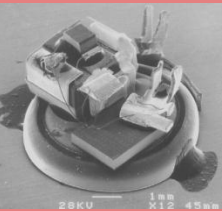
- Abszolút pozíció könnyen átalakítható (egy másik ponthoz képest) relatív információvá, és viszont.
 - Pl: Domorzati viszonyok feltérképezése háromszögelési pontok segítségével, majd egy referencia-magassági pont hozzáadásával.

- Kivétel: Az abszolút <-> relatív nem megy, ha a referenciapontunk pl. mobil, a(z abszolút) pozícióját nem ismerjük.



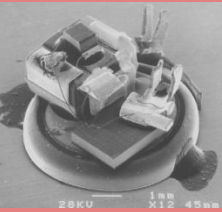
Lokalizáció – taxonómia (folyt.)

- **„Lokális lokalizáció”**: A meghatározandó objektum saját maga határozza meg a pozícióját, rajta kívül más ezt nem tudja megtenni.
 - Előnyös lehet a biztonság (privacy) szempontjából.
 - PI: GPS
- Más esetben a meghatározandó objektumnak (telemetrikus vagy egyéb) adatokat kell szolgáltatnia egy külső infrastruktúrának.
 - PI: jeladó badge-ek, RFID tag-ek
- Sok esetben a lokalizációs információ személyes és védendő adatnak számít!



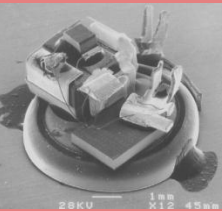
Lokalizáció – taxonómia (folyt.)

- **Pontosság** (accuracy) vs. **precízió** (precision)
 - Pl. Egy GPS vevő képes mérésenként 10 m-es pontosság meghatározására az esetek 95%-ában.
- A megkövetelt pontosság nagyon alkalmazásfüggő!
 - Pl: „*Merre vándorolnak telente a hosszúszárnyú bálnák?*”
 - vagy: „*Melyik szobában voltam dél körül?*”
 - vagy: „*A légtér melyik köbcentiméterében helyezkedett el a mutatóujjam körme 12:01:59.412-kor?*”
- Tipikusan a megkövetelt pontosság csökkentésével nagyobb megbízhatóság (precízió) érhető el.

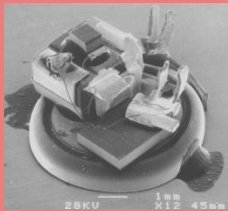


Lokalizáció – taxonómia (folyt.)

- **Költség** – szenzorhálózatoknál fontos!
 - „Időben”: telepítés folyamata + adminisztráció a működés során
 - „Térben”: infrastruktúra + egyedi hardver node-onként
- **PI**: GPS esetében műholdak telepítése + menedzsmentje (US Air Force) + GPS vevő/node + esetleges földi kiegészítő infrastruktúra
- **Korlátok**: Egyes rendszerek nem működnek bizonyos körülmények között.
 - PI. GPS nem használható zárt térben.
 - ...



Lokalizációs megoldások



Lokalizáció...

- Lokalizáció megoldható...

- 1. referenciapontok, és**
- 2. távolságmérés** segítségével.

- Problémák lehetnek általánosságban

- Speciális hardvertől való függés

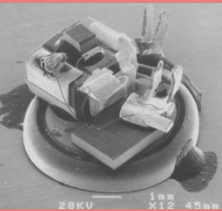
- A pontos mérés tipikusan precíz(=drága) hardvert takar.

- Hálózati topológiától való függés

- Pl. több, egyenletesen elosztott referenciapont szükséges a hálózaton belül.

- Pl. referenciapontok nélküli megoldásokban tipikusan sűrűn és egyenletesen elhelyezkedő node-okat feltételeznek.

- Jó lenne, ha nem kéne spec. hardver, néhány referenciapont, egyenlőtlen node eloszlás, mozgó szenzorok esetében is működne...



Lokalizációs technikák



□ **Centralizált:**

- Begyűjtött (globális) információ alapján, egy központi helyen számítjuk ki a pozíciókat.



□ **Elosztott:**

- Minden node a saját helyzetét határozza meg, néhány szomszédos node-dal kommunikálva.



□ Elosztott megoldások

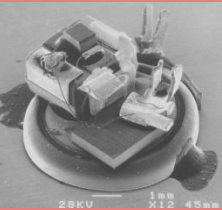
- **Hatókör (range) alapú**
- **Hatókör nélküli** (vett csomagok tartalma alapján)

Lokalizációs technikák

- Hatókör (range) alapú megoldások:
 - **érkezési idők** alapján;
 - **vett jel erőssége** alapján;
 - két különféle jel **érkezési idő különbsége** alapján;
 - **irányszög** mérés alapján.

- Hatókör nélküli megoldások
 - Lokális megoldás **referenciapontok** (sok!*) segítségével
 - **„Hop”-számon alapuló** megoldások

*: Ha a referenciapontok rádiós hatósugara nagy, akkor sok referenciapont hallható.

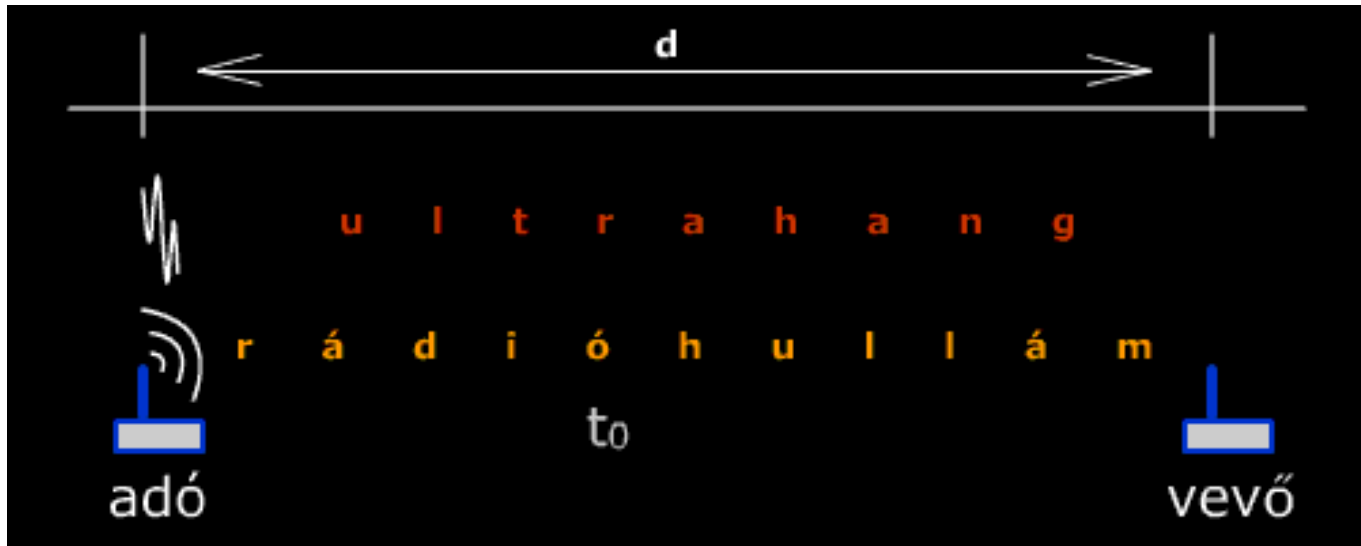


Hatókör (range) alapú megoldások

akusztikus:

ultrahangos adóvevő szenzor, ultrahang és rádiós csomag elküldése egyszerre

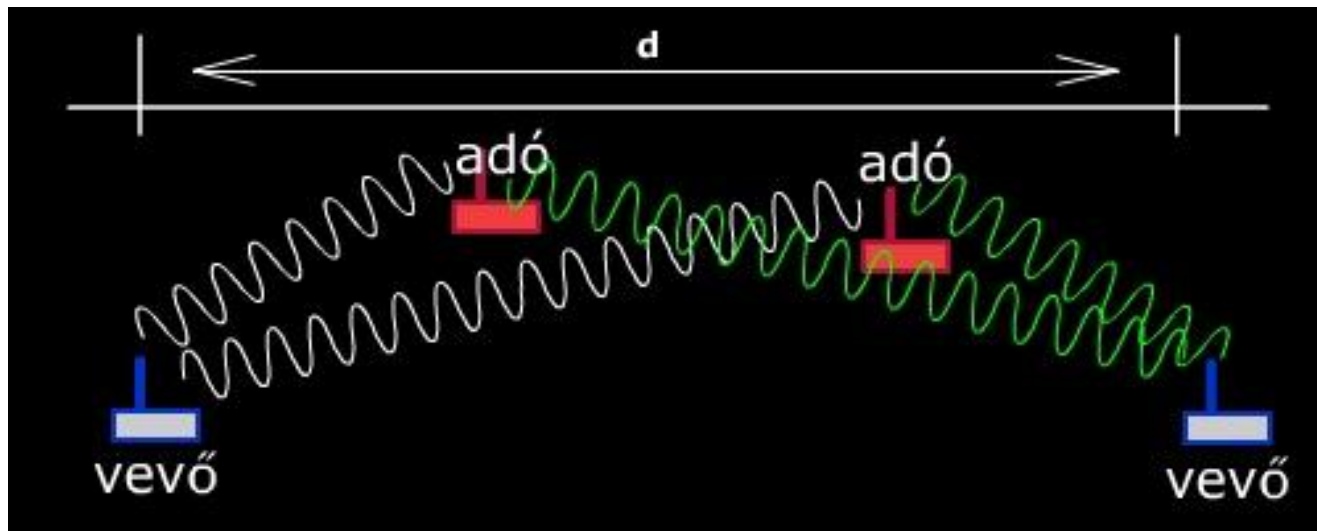
a két jel beérkezésének időkülönbségéből becsli a távolságot



Hatókör (range) alapú megoldások

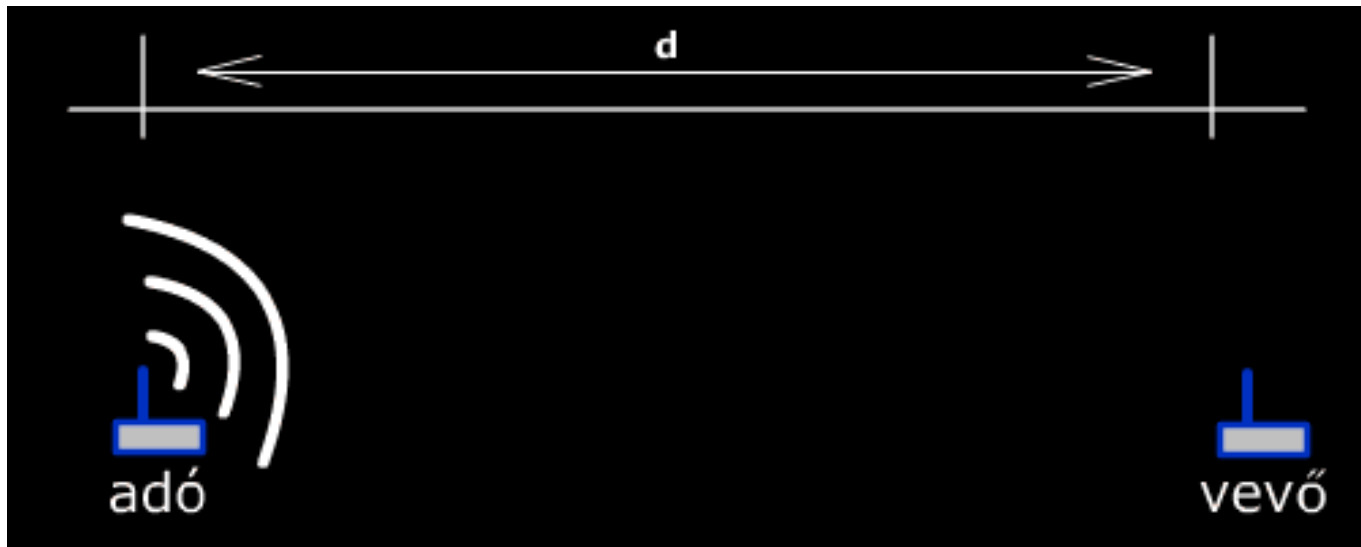
rádióhullám interferenciás:

- két adó, két vevő;
- A két adó vivőfrekvenciájának változtatásával a vevőknél fellépő interferencia jel relatív fázisának eltolódásából következtet a végpontok távolságára.



Hatókör (range) alapú megoldások

rádiós jelerősség alapú:
becslés a vett rádiójel erősségéből



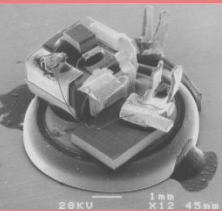
Hatókör nélküli megoldások

□ Centroid módszer:

- Lokális megoldás referenciapontok segítségével.
- Minden node az általa hallható referenciapontok középpontjába pozicionálja magát.
- A módszer sikeréhez a referenciapontoknak egyenletesen és sűrűn kell elhelyezkednie.

□ DV-HOP:

- „Distance-vector routing” alapú megoldás.
- Minden node nyilvántartja az út hosszát (hop-szám) minden általa ismert referenciaponthoz.
- Szükséges az úthosszak hirdetése a hálózaton belül.
 - Ezt a referenciapontok kezdeményezik elárasztással.
- A módszer „ritkásabb” referenciapont-halmaz esetén is használható.



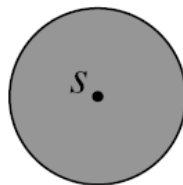
További ötletek lokalizációhoz

□ „Zajtérképen” alapuló megoldások

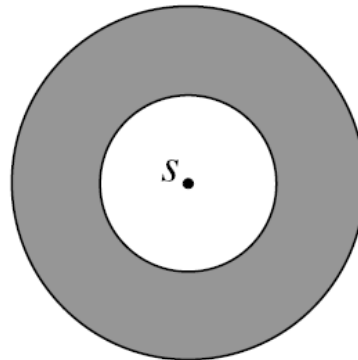
- Beléri, fix környezetben használható az RF jelerősség mintázaton alapuló megoldás is.
- A node-ok referencia RF források jelerősségét figyelve, egy előre felvett „zajtérkép” segítségével tájékozódhatnak.

□ „Hallom - nem hallom”

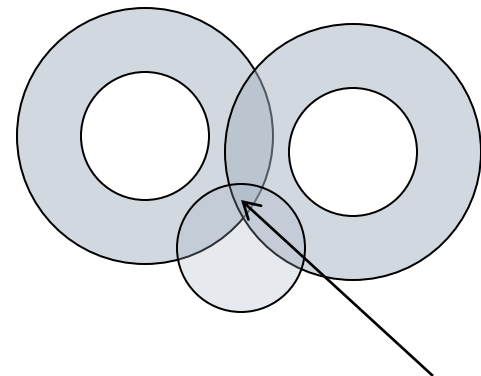
- Ha nem hallunk egy referenciapontot, az is információ!



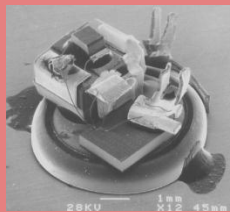
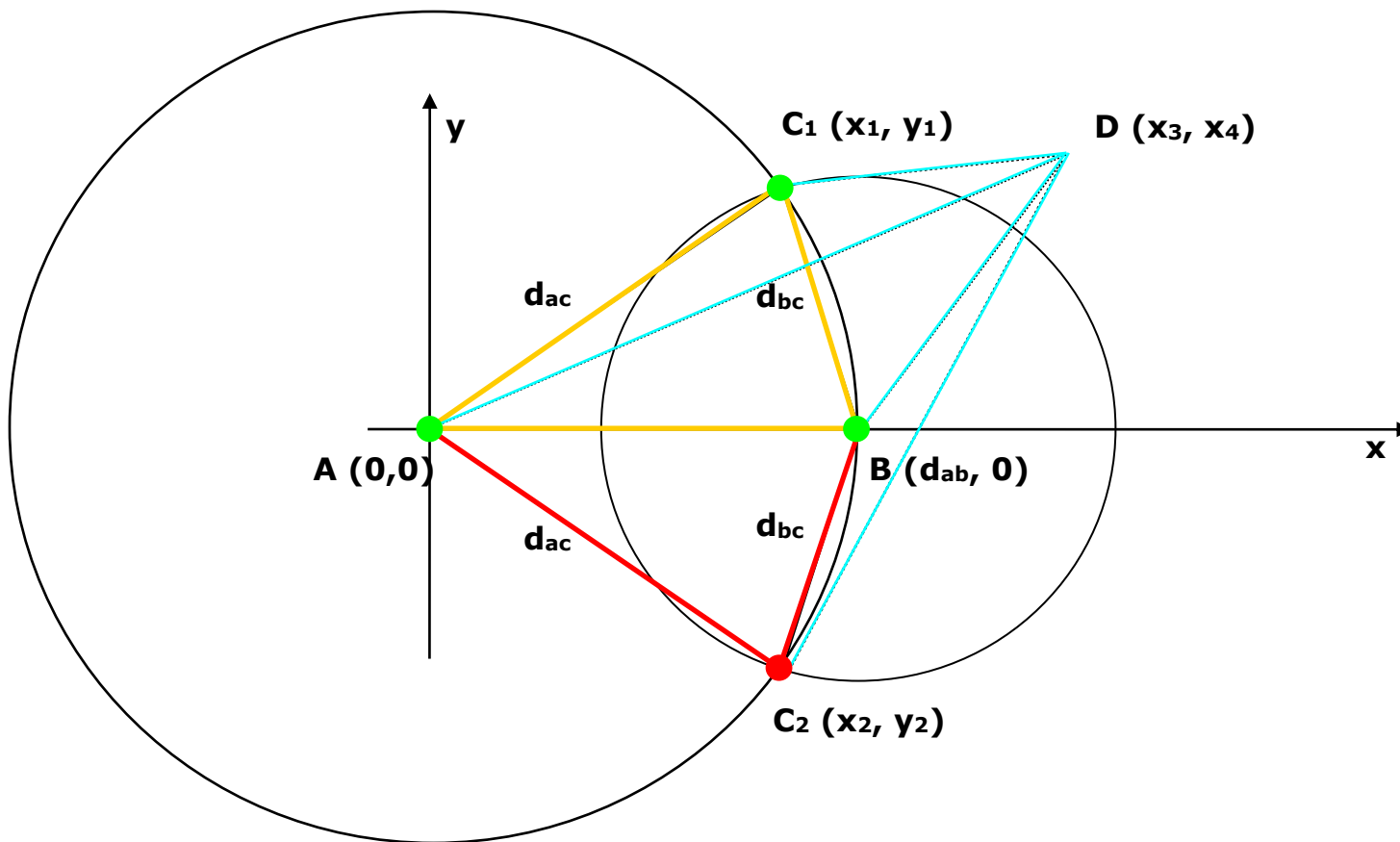
Direct Seed



Indirect Seed



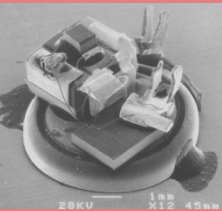
Háromszögelés...



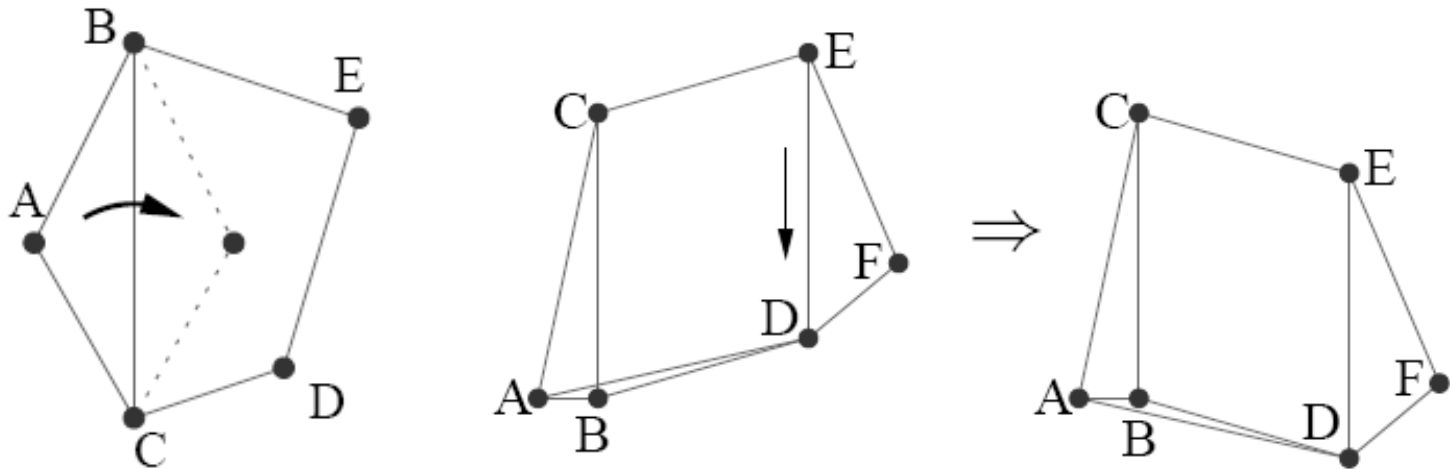
Gráf realizáció

- **Gráf-realizáció problémája:** A csomópontok geometriai (euklideszi) pozícióinak meghatározása.
 - A probléma NP-nehéz kétdimenziós esetben is!

- A gráf élhosszúságainak ismerete még nem garantálja az egyértelmű realizációt!
 - **Nem merev gráfok** folytonosan deformálhatók a realizációk végtelen számának előállításához.
 - **Merev gráfokban**, is előfordulhat kétféle deformáció, amely megakadályozza az egyértelmű realizációt: „**tükrözéses kétértelműség**” és „**hajlításos kétértelműség**”



Problémák gráf realizációnál



Tükrözéses kétértelműség

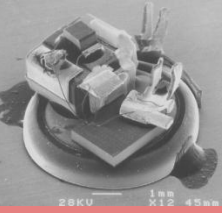
Hajlításos kétértelműség

A gráfelméleti eredmények még merev gráfok esetében sem garantálnak realizációt, ha a távolságmérések (élhosszak) hibával terhelt mennyiségek!

Illusztratív példák...

□ Létező lokalizációs megoldások (példák!)

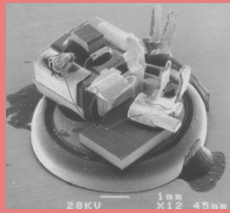
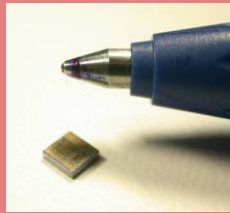
- Active Badge
- Active Bat
- Cricket
- (RADAR)
- ...



Aktív badge



- ❑ Olivetti és AT&T fejlesztés
- ❑ Infravörös (IR) jeladókat használó, beltéri, cellás (proximity) pozícionáló rendszer.
- ❑ A jeladó periódikusan egy egyedi ID-t sugároz 10 másodpercenként, vagy igény szerint.
- ❑ Az IR szenzorok által gyűjtött adatokat egy központi szerver dolgozza fel.
- ❑ Abszolút, szimbólikus lokalizációs információt nyújt (szobák!)
- ❑ Problémás lehet a napfény vagy neonfény az IR komponens miatt.



Active Bat



- ❑ AT&T megoldás
- ❑ Ultrahangos jeladók az IR helyett
- ❑ A jeladót a felhasználók viselik magukon, ami a vezérlő (rádiós) kérésére egy ultrahang impulzust ad ki.
- ❑ A vevők egy grid-struktúrában a mennyezeten helyezkednek el.
- ❑ A vezérlő a jeladóval történő kommunikációval egyidőben vezetékess hálózaton a vevőt is reset-eli, így a vevő az érkezési időkülönbség alapján tud távolságot számolni.
- ❑ A helyi vezérlő elküldi a mért adatokat egy központi vezérlőnek.
- ❑ Nagy pontosság! (kb. 9 cm, 95%)



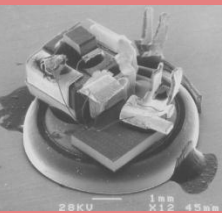
Cricket

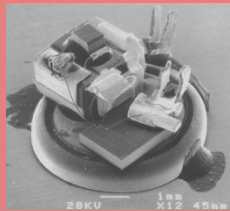


- Az Active Bat-tel pont ellentétben a vevő egység van a felhasználónál, és a jeladók telepítettek fixen.
- A vevőegység saját maga kell elvégezze a háromszögelésen alapuló helymeghatározást.
- Több jeladó esetén mindegyik saját egyedi beacon-t küld.
- Nincs szükség a grid-ben elhelyezett vevőkre, de a pontosság is csekélyebb (kb. négyzetméteres pontosság).

RADAR

- Microsoft
- IEEE 802.11 WLAN-alapú rendszer
- Minden WLAN bázisállomásban mérik a vett jel erősségét és a jel-zaj viszonyt, amiből az épületen belüli 2D elhelyezkedés meghatározható.
- Előny:
 - Nem kell külön infrastruktúra, WLAN „van mindenhol”
- Hátrány:
 - IEEE 802.11-es eszköz kell, ez szenzorok esetében tipikusan nem megengedhető
- (Megjegyzés: Egyébként a WLAN alapú helymeghatározás széles körben használt, fontos terület!)





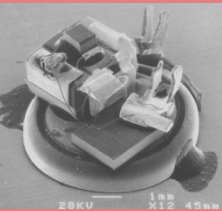
Mobilitás szenzorhálózatokban

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.

- A mobilitás célja lehet..
 - energiahatékonyság,
 - lefedettség biztosítása,
 - topológia-kontroll,
 - megfigyelés „minőségének” javítása.

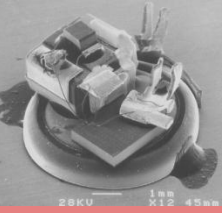


Mobilitás szenzorhálózatokban

- A szenzorok/bázisállomás mozgása lehet...
 - kontrollált (pl. vezérelt mikro-robotok)
 - kontrollálatlan (pl. vízfelszínen sodródó szenzorok)

- A szenzorok (aktív) mozgatása meglehetősen energiaigényes, speciális hardver szükséges.

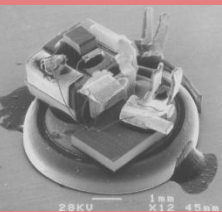
- Egy mobil szenzorhálózat képes fizikailag is reagálni a környezet vagy események változásaira.



Bázisállomás mobilitása

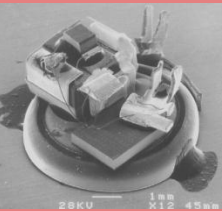
- A bázisállomás (BS, nyelő) mozgásának célja/oka lehet...
 - A felhasználó mozog a szenzorhálózat területén
 - Pl. katonák vagy járművek a műveleti területen
 - A nyelő (véletlenszerűen) bolyong a területen
 - Pl. állatokra/turistákra szerelt adatgyűjtő egységek
 - A nyelő csomópontokat a hálózat/felhasználó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

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



Bázisállomás mobilitása

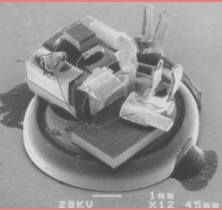
- Bár szenzoroknál nem tipikus, a BS esetében feltételezhetjük, hogy nem okoz gondot a mobilitás megoldása.
- A nyelő elsődleges feladata a szenzor-adatok begyűjtése.
- Ötlet: *A kommunikációs energia csökkentéséhez a BS „elébe mehet” az adatoknak, és akár „helyben” begyűjtheti azokat!*
- Előny:
 - Elkerülhető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



Bázisállomás mobilitása

- A BS mozg(at)ása lehet...
 - véletlen,
 - predikálható,
 - vezérelt,
 - adaptív.

- Egy BS mozoghat...
 - önerőből, vagy
 - valamilyen hordozó segítségével.

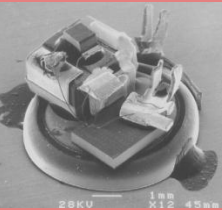


BS véletlen mozgása

- **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.

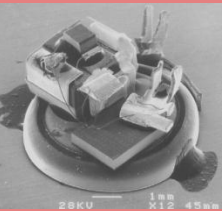
- A szenzorok vagy...
 - észreveszik, hogy egy BS a közelükbe ér, és átadják az addig gyűjtött adataikat, vagy...
 - a BS pilot-jeleket küldve lekéri a környezetében lévő szenzoroktól az adatokat.

- Az adatátviteli késleltetés tipikusan nagyon nagy, változó, az adattovábbítás nem mindig garantált.



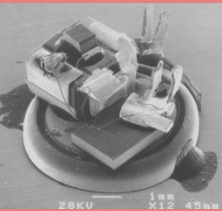
BS előrejelezhető mozgása

- **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 (~ 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 mozgatás lehetséges.
 - A BS az „esemény” helyszínére sietve egyéb adatokat is gyűjthet.



BS vezérelt mozgatója

- **Vezérelt BS mozgató** 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 mozgatójának korlátait és költségeit figyelembe kell venni!

