



Szenzorhálózatok és alkalmazásaik

Útvonalválasztás (hierarchikus routing). Lokalizáció.

Útvonalválasztási paradigmák

- Hálózati struktúra alapú protokollok
 - Elosztott (flat)
 - **Hierarchikus**
 - LEACH, **TEEN**, **APTEEN**
 - Elhelyezkedés alapú (location based)
 - egyéb...



TEEN

- TEEN = Threshold-sensitive Energy Efficient sensor Network protocol
- Klaszter alapú megoldás.
- Reaktív.
- Időkritikus alkalmazásokhoz javasolták.
- Alapötlet: A szenzorok folyamatosan figyelik környezetüket, de csak akkor küldenek adatot, ha a mért érték egy bizonyos küszöbérték felett van.

TEEN

- A protokoll működése:
 - A klasztervezérlő egy „kemény” és egy „puha” küszöbértéket küld a hozzá tartozó szenzoroknak.
 - Ha egy szenzor által mért mennyiség a kemény küszöb felett van, bekapcsolja rádióadóját és elküldi az adatot a vezérlőnek, majd tárolja azt magának is.
 - A továbbiakban csak akkor küld adatot, ha
 1. az adatküldés után a mért érték továbbra is a kemény küszöb felett van, és
 2. az új mérés eredménye a puha küszöbértéknél jobban eltér a tárolt értéktől.
- Ha változik a klasztervezérlő, új küszöbértékeket küld szét a klaszteren belül.

TEEN

- Előnyök:
 - Energiatakarékos megoldás.
 - A kemény küszöb miatt csak a minket érdeklő adatokat mérjük.
 - A puha küszöb állításával egy kompromisszum állítható be a pontosság és az adatforgalom mennyisége között.

- Módosítás: APTEEN – Adaptive Periodic TEEN

APTEEN

- Hibrid protokoll: küszöbértékek + periodicitás
- A klasztervezérlő által küldött paraméterek:
 - Attribútum (fizikai mennyiség)
 - Küszöbértékek: kemény és lágy küszöb
 - TDMA ütemezési információ
 - Max periódusidő
- A küszöbértékek használata u.a. mint a TEEN esetén.
- Minden node a számára kijelölt TDMA időrésben küldhet adatot.
- Minden node-nak legalább periódusonként egyszer kell mérnie és adatot küldenie. (proaktív működés)

APTEEN

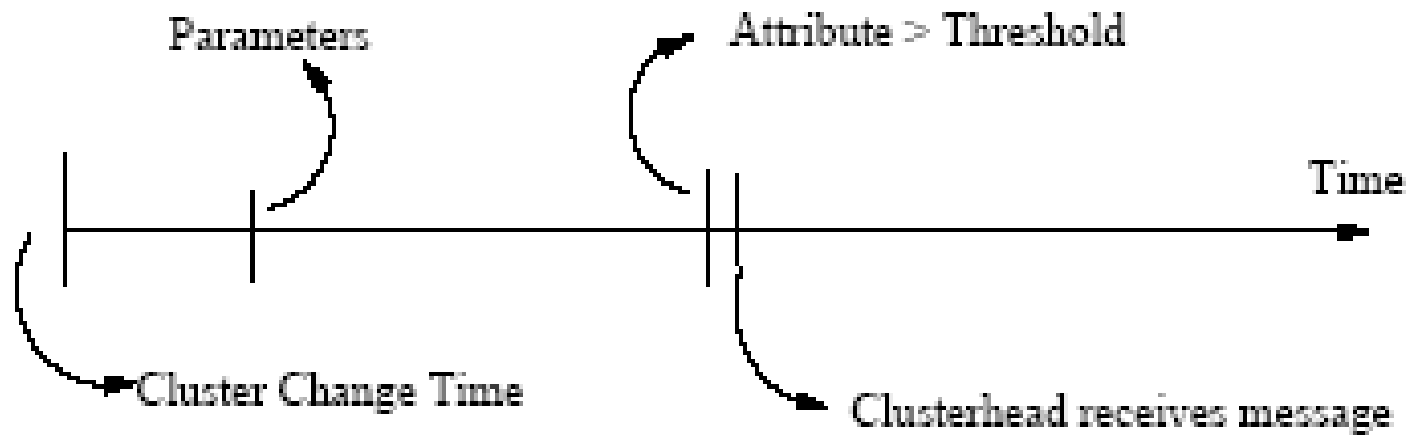
Előnyök:

- Rugalmasan paraméterezhető.
- Reaktív és proaktív működés.

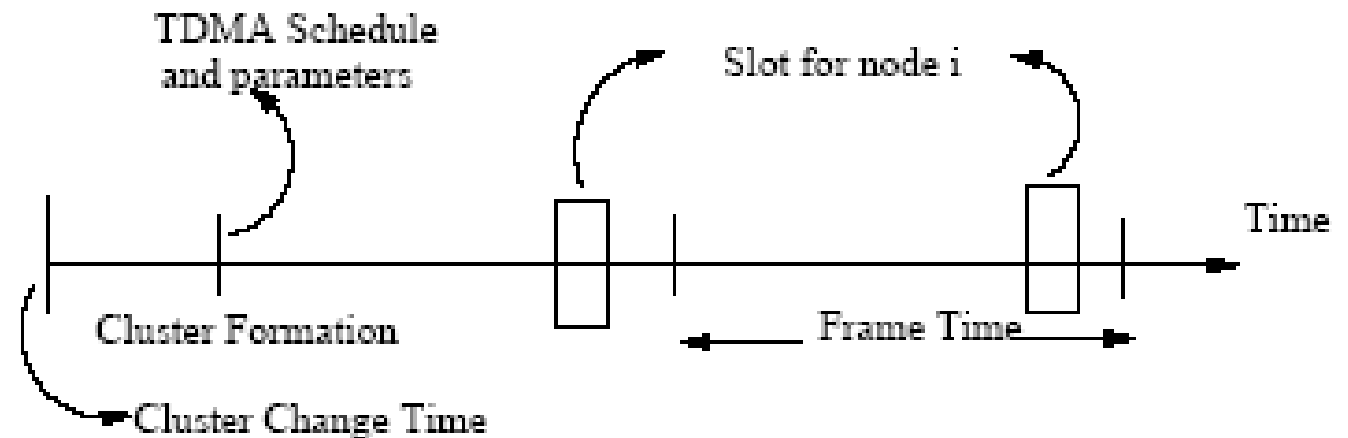
Hátrányok:

- Komplexitás (küszöbértékek és periódusidő)
- Klaszterképzés és vezérlő-választás.

TEEN és APTEEN



(a) operation of TEEN



(b) operation of APTEEN

Útvonalválasztási paradigmák

- Hálózati struktúra alapú protokollok
 - Elosztott (flat)
 - Hierarchikus
 - **Elhelyezkedés alapú (location based)**
 - egyéb...

Elhelyezkedés alapú útválasztás

- A node-okat **helyzetük alapján címezhetjük** meg.
- Szükség van a node-ok helyzetének ismeretére.
 - GPS (drága!)
 - Távolság mérhető a vett rádiójel erősségéből vagy egyéb (pl. akusztikus) úton.
 - Háromszögelés.

Lokalizáció

Taxonómia, módszerek, nyomkövetés

Tartalom

- A lokalizációról (taxonómia)

- Lokalizációs módszerek, nyomkövetés



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 szimbólikus lokalizációs infók nyújtására.
 - Pl. **Adatbázis**, ahol a fizikai lokációhoz egyéb információkat/szolgáltatásokat rendelhetünk.
 - Sokszor pont ezért használjuk!

Lokalizáció – taxonómia

- 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 \leftrightarrow 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.

Lokalizáció...

- 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

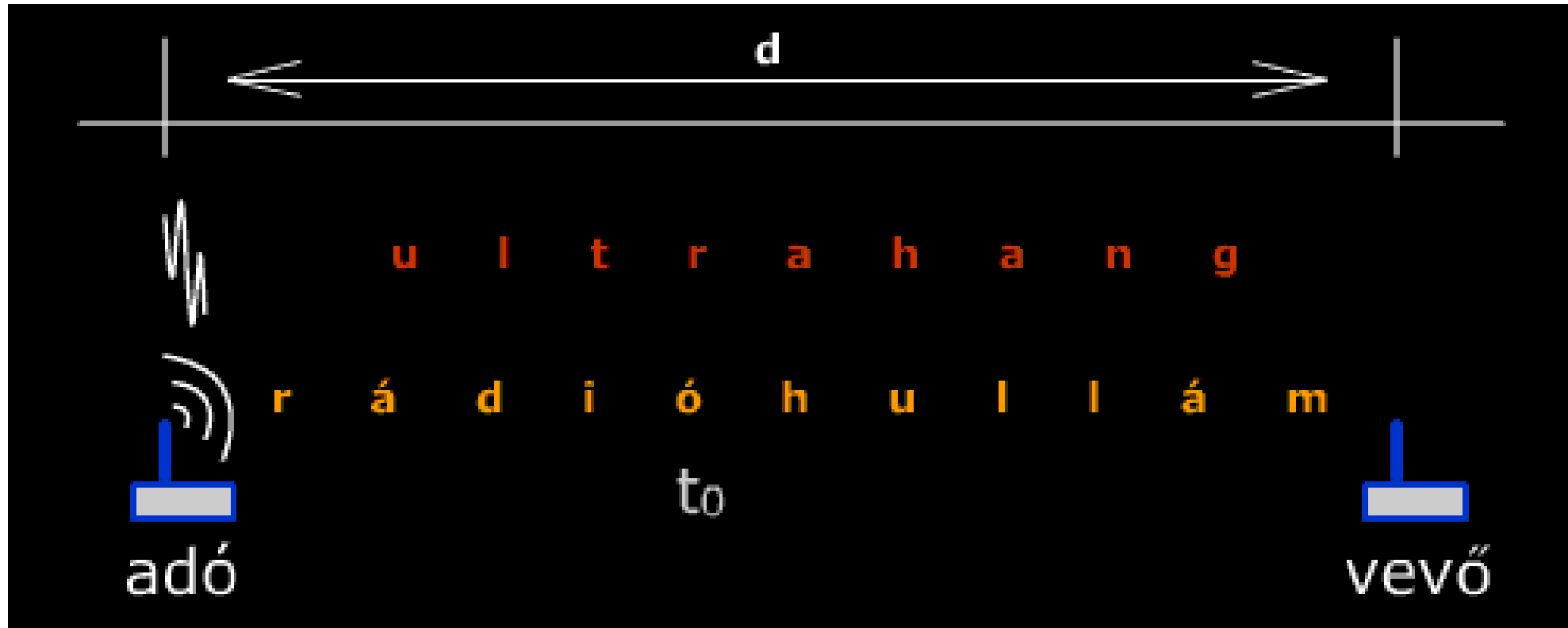
*: Ha a referenciapontok rádiós hatósugara nagy, akkor sok referenciapont hallható.



Hatókör (range) alapú megoldások

akusztikus:

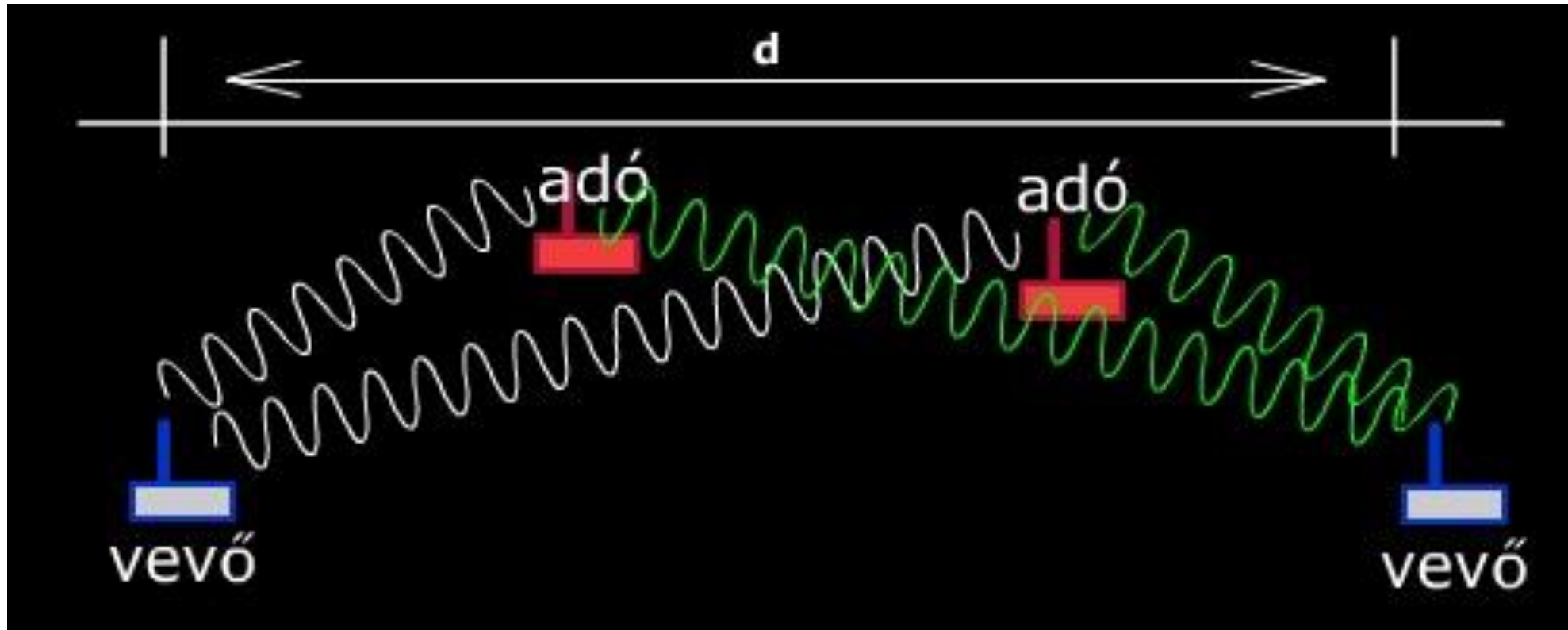
ultrahangos adóvevő szenzor, ultrahang és rádiós csomag elküldése egyszerre a két jel beérkezésének időkülönbségéből becsli a távolságot



Hatókör (range) alapú megoldások

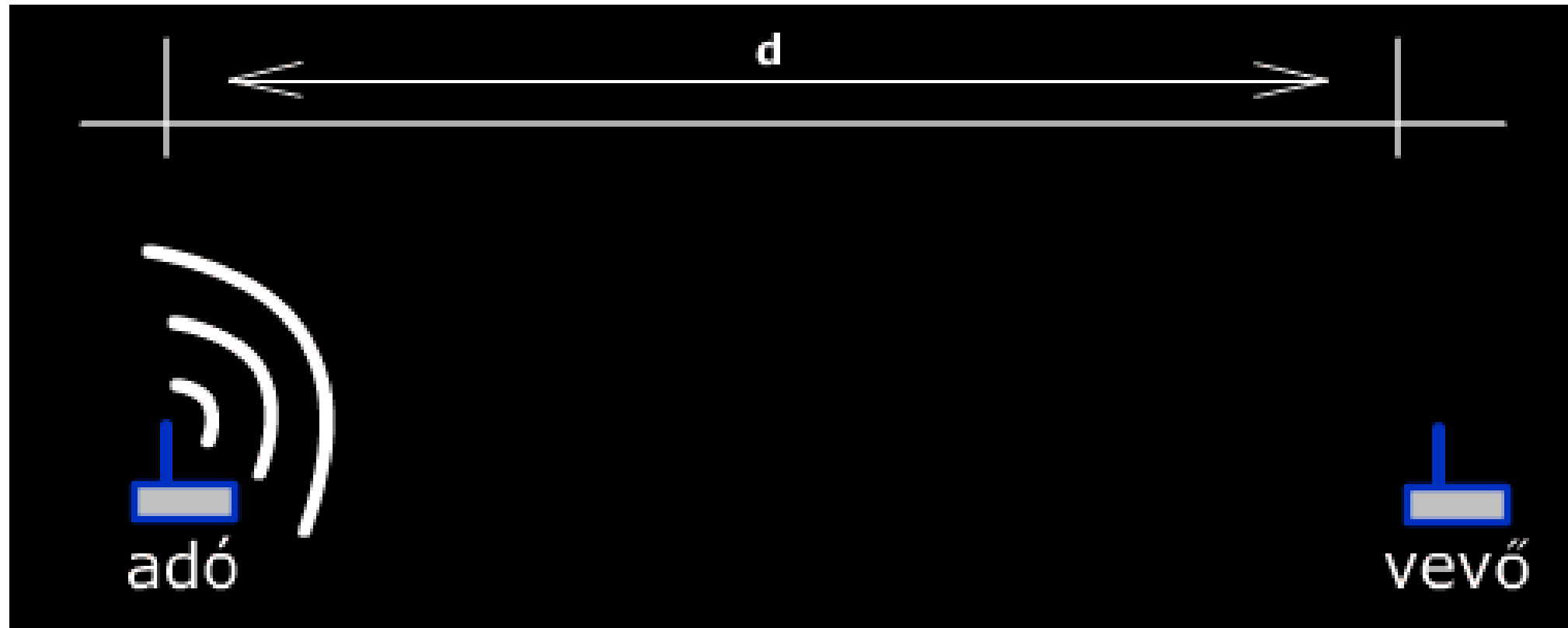
rádióhullám interferenciás:

- 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.

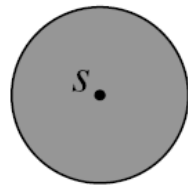
További ötletek lokalizációhoz

▪ „Zajtérképen” alapuló megoldások

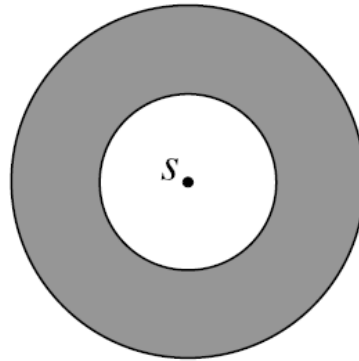
- Beléri, statikus környezetben használható az RF jelerősség mintázaton alapuló megoldás is.
- A node-ok referencia RF források jelerősségét figyelve, egy előre felvett „zajtérkép” segítségével tájékozódhatnak.

▪ „Hallom - nem hallom”

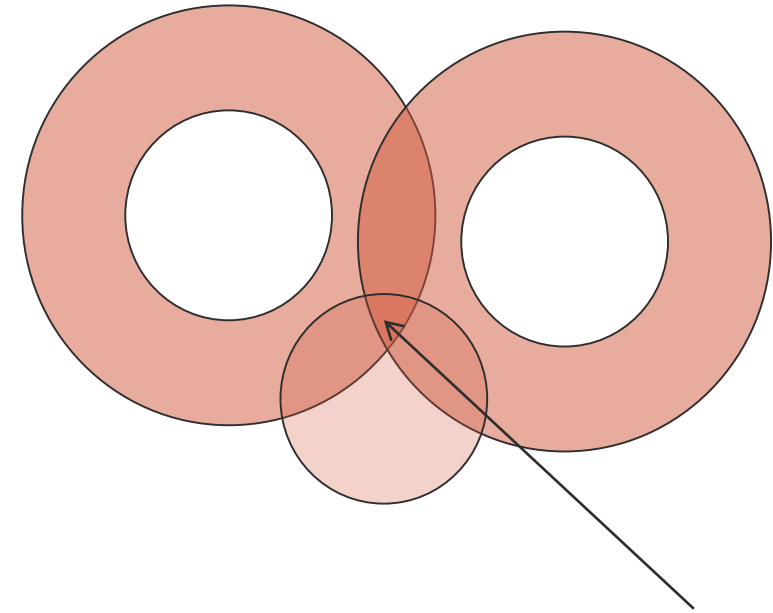
- Ha nem hallunk egy referenciapontot, az is információ!



Direct Seed

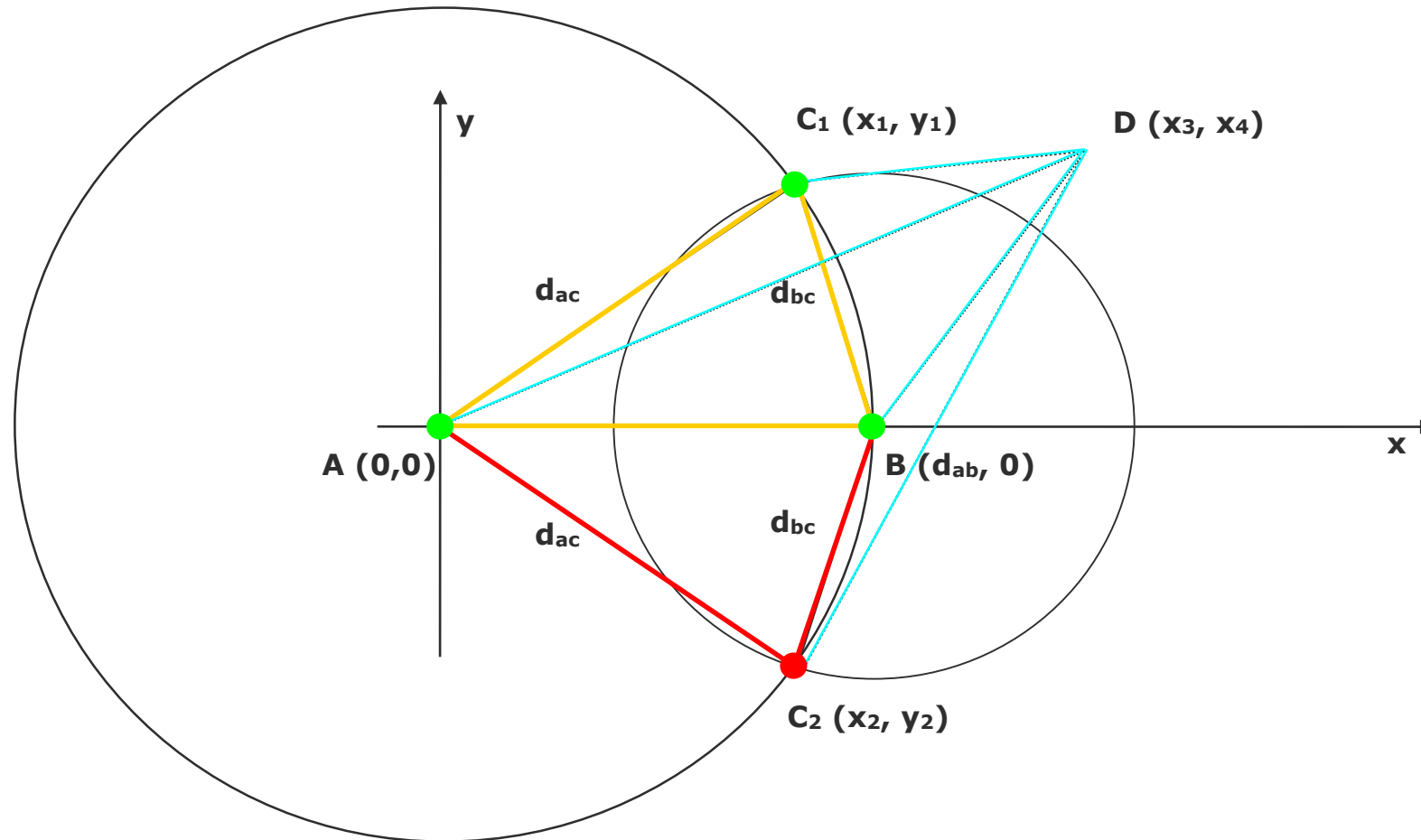


Indirect Seed



Háromszögelés...

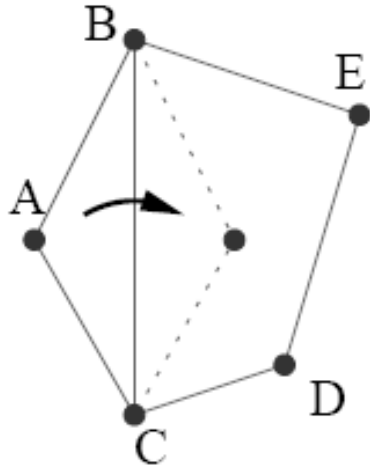
- Távolságmérés \rightarrow pozícióbecslés



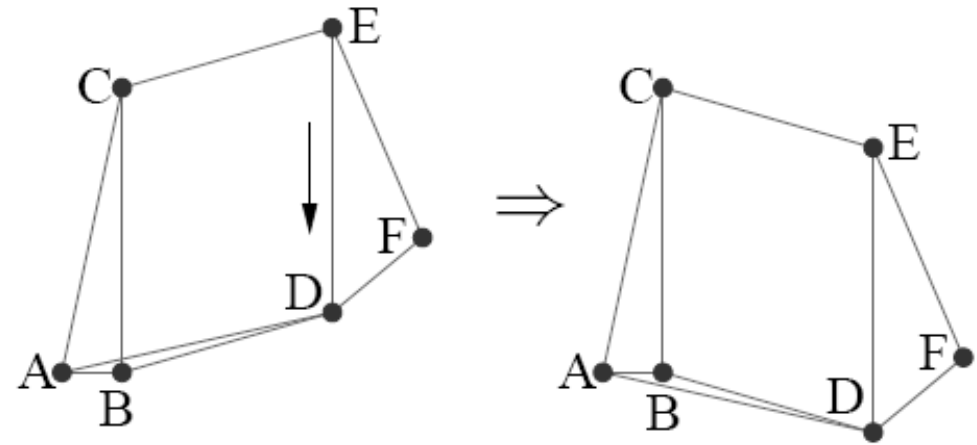
Gráf realizáció

- **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 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 menyezeten helyezkednek el.
- A vezérlő a jeladóval történő kommunikációval egyidőben vezetékes 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!)