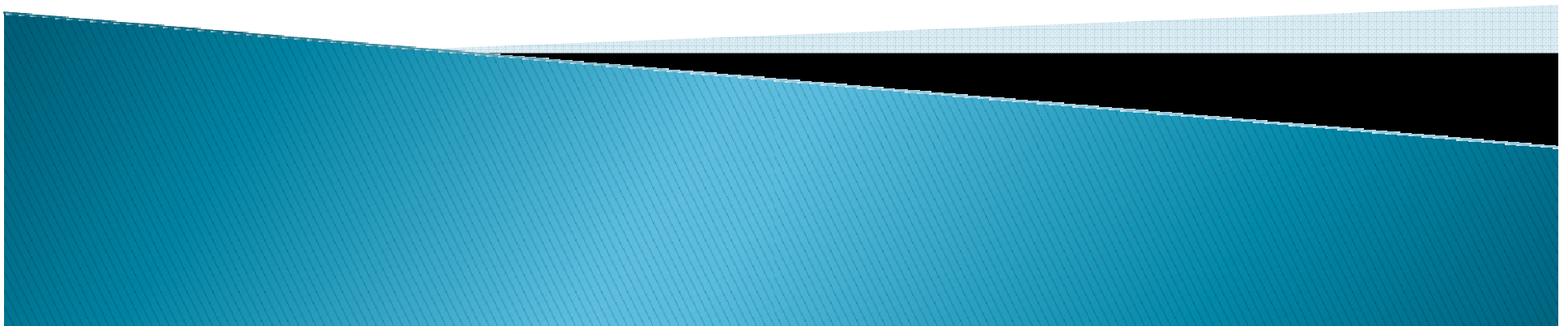
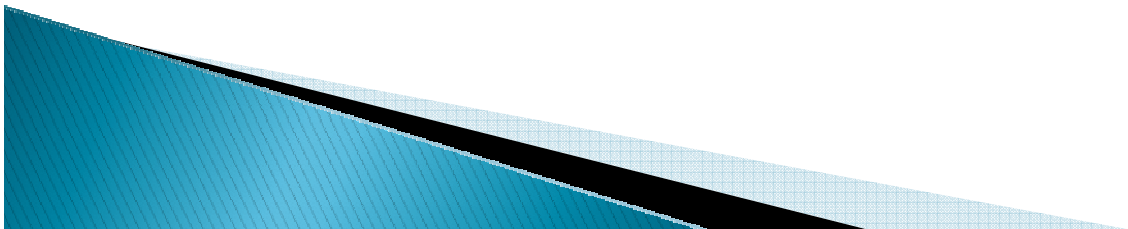


Radio Interferometric Geolocation

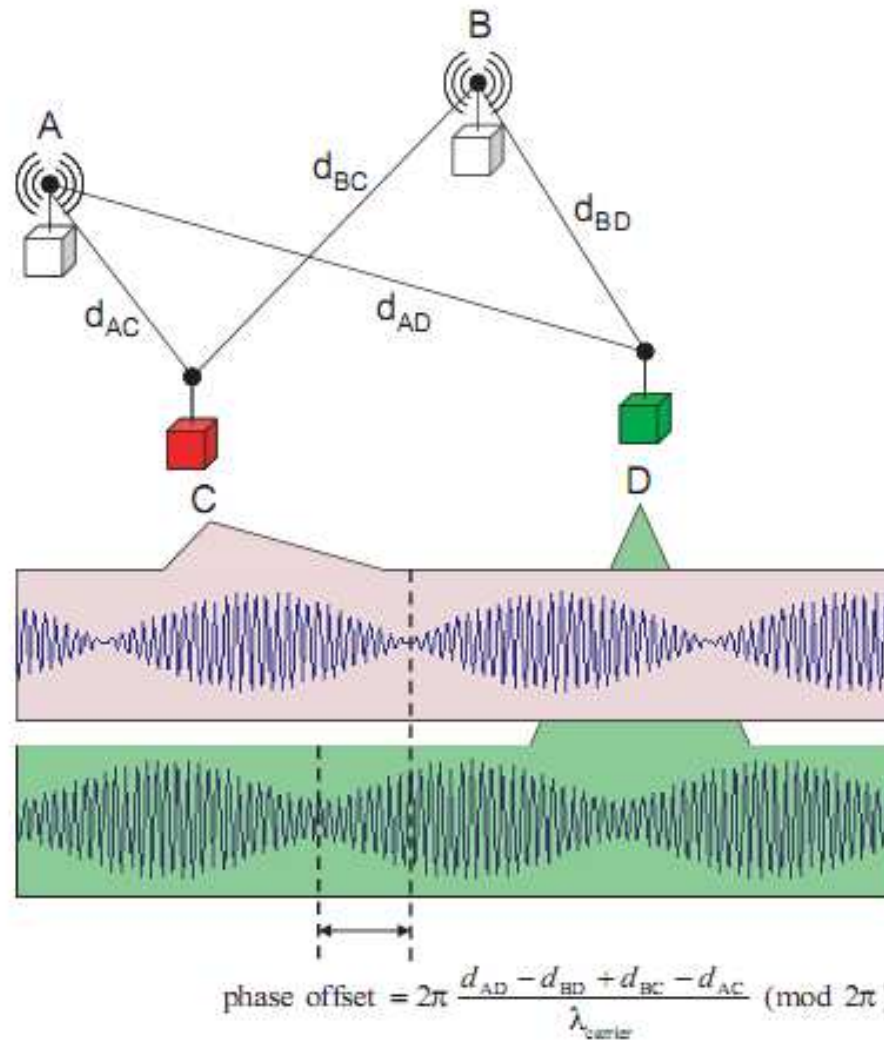


Interferometria

- ▶ Két irányított antennával veszek egy jelet
- ▶ Számolom a keresztkorrelációját
- ▶ A keletkezett interferenciajelből számítható a vevők távolsága
- ▶ Mote-okon közvetlen nem alkalmazható
 - Állítsuk elő az interferenciát a csatornában
 - Ha két mote-tal adunk egyszerre interferálnak
 - Ha különböző, közeli frekvencián adnak, lehet következtetni távolságokra



Interferometria szenorhálózatokban

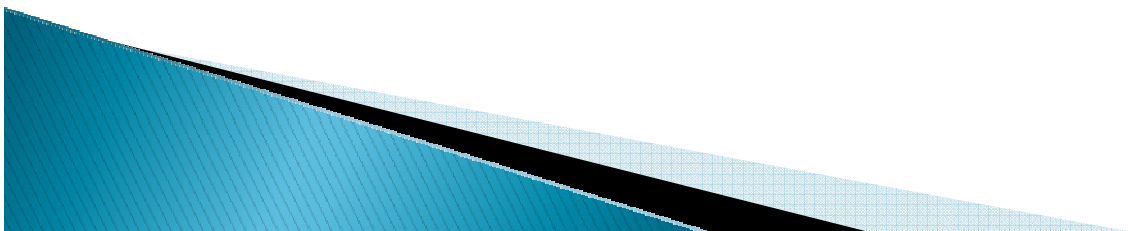


Interferometria alapja

- ▶ A vett jel RSSI méréseinek függvényének
 - Frekvenciája $f_1 - f_2$
 - Fázisa $\varphi_1 - \varphi_2$
 - Tehát a burkológörbe
- ▶ Két vevő mérése közötti fáziskülönbség

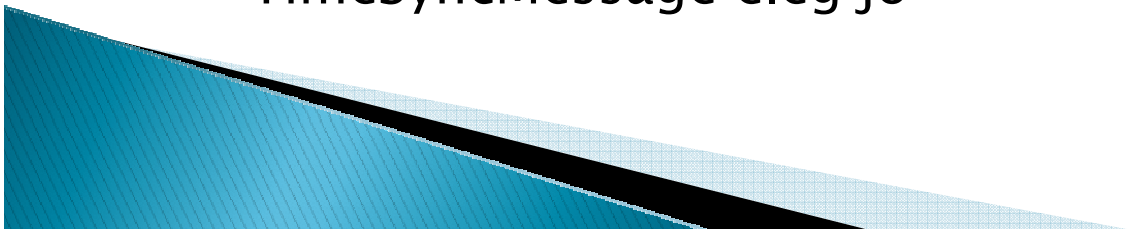
$$2\pi \frac{d_{AD} - d_{BD} + d_{BC} - d_{AC}}{c/f} \pmod{2\pi}$$

- ▶ n node esetén minden távolság meghatározható $n(n-3)/2$ mérésből
 - Az ismeretlenek száma
 - 2D: $2n-3$
 - 3D: $3n-6$



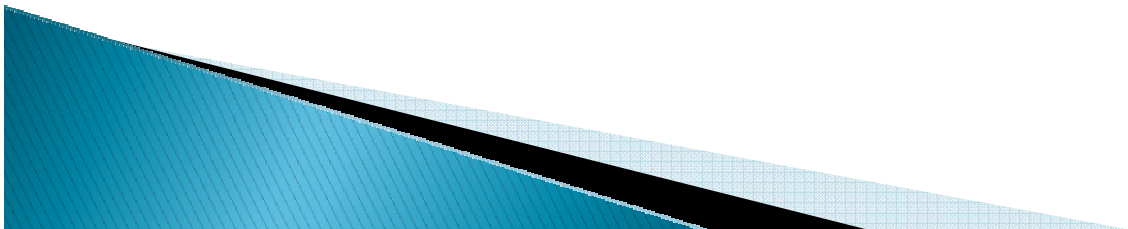
Hibaforrások

- ▶ Frekvencia pontatlanság
 - 1 kHz hiba 1 km-en : $0,33\% \cdot 2\pi$
- ▶ Frekvencia drift
 - Rövid ideig mérünk (29 ms)
- ▶ Fázis zaj
- ▶ Több utas terjedés
 - Kiszűrjük a kiugró mintákat
- ▶ Antenna irányítottság
 - Nem befolyásolja a frekvenciát és a fázist
- ▶ RSSI mérési késleltetés bizonytalansága
 - Elhanyagolható
- ▶ RSSI jel-zaj viszony
- ▶ Idő szinkronizációs hiba
 - TimeSyncMessage elég jó



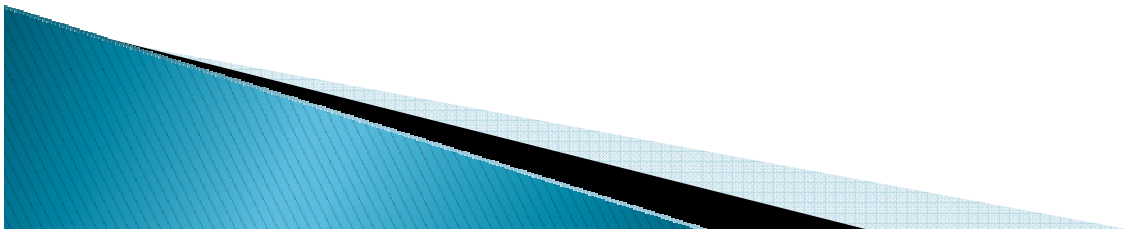
Működés lépései

- ▶ Kiválasztani egy adó párost, és időzíteni az adási idejüket
- ▶ Beállítani az adókat közeli frekvenciára
- ▶ Az adók a közeli frekvencián szinuszos jelet adnak
- ▶ A vevők a vett jel RSSI mintáiból kiszámolják a burkoló frekvenciáját és fázisát
- ▶ d_{ABCD} kiszámítása
- ▶ lokalizáció



CC1000 tulajdonságai

- ▶ Modulálatlan szinusz adása széles frekvenciatartományon (400–460MHz)
- ▶ Frekvencia kis lépésekben változtatható (65Hz)
- ▶ Rövid ideig legyen stabil a frekvencia
- ▶ Változtatható adóteljesítmény



Idő szinkronizáció

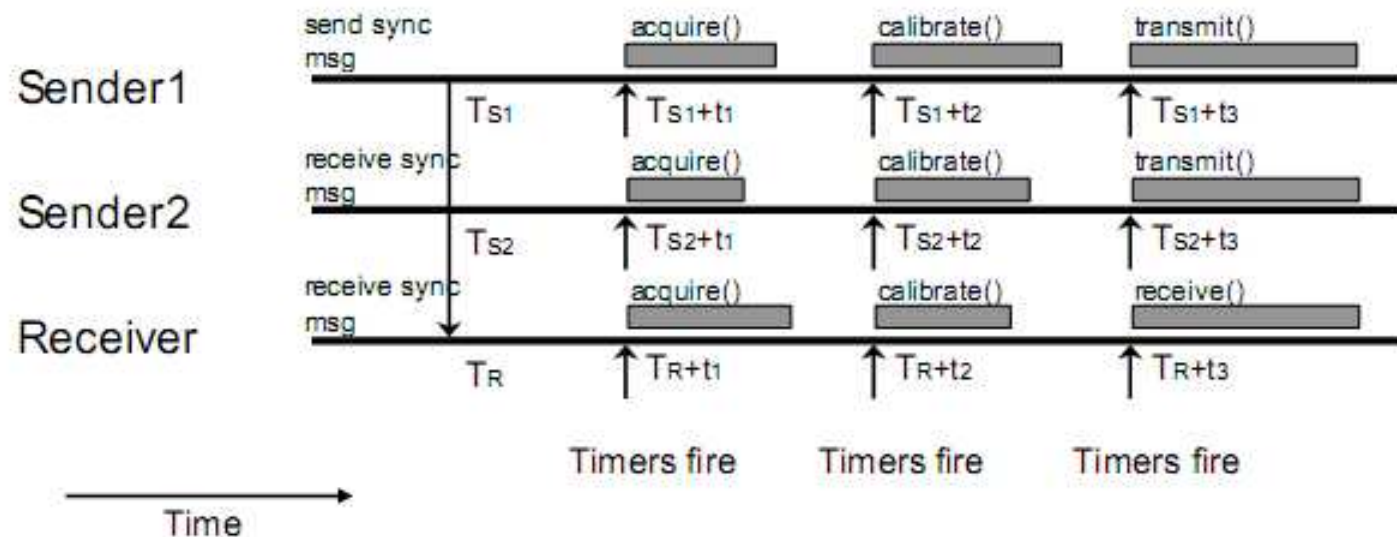
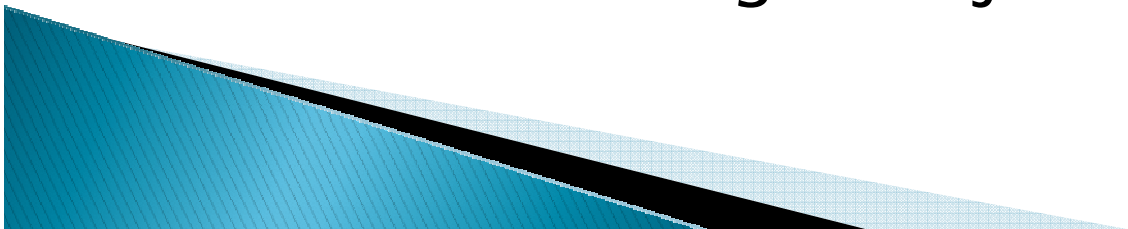


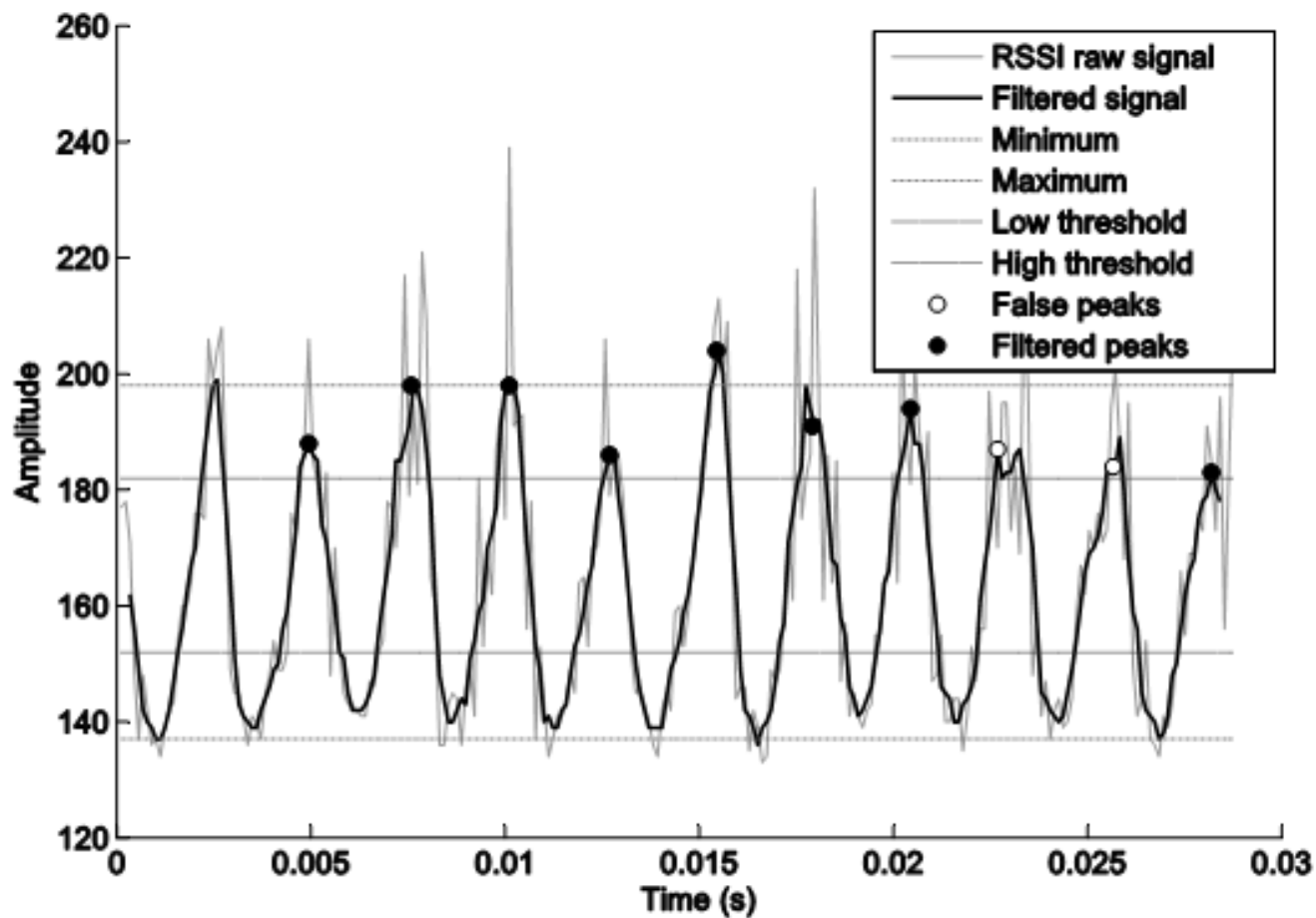
Figure 2: The synchronization schedule that aligns the start of the transmission and reception at multiple nodes.

Hangolás

- ▶ A CC1000 frekvenciája 2 kHz-cel is eltérhet a névlegestől
- ▶ A rövid mérés (29ms) és a lassú RSSI mintavétel (9kHz) miatt, csak 200–800 Hz közti különbséget tudunk mérni
- ▶ Az egyik adó f frekvencián ad
- ▶ A másik f frekvencia körül kipróbál 30 frekvenciát (325 Hz-es lépésközökkel)
- ▶ Egy vevő méri a burkoló frekvenciáját, és a minimálisat megmondja az adónak



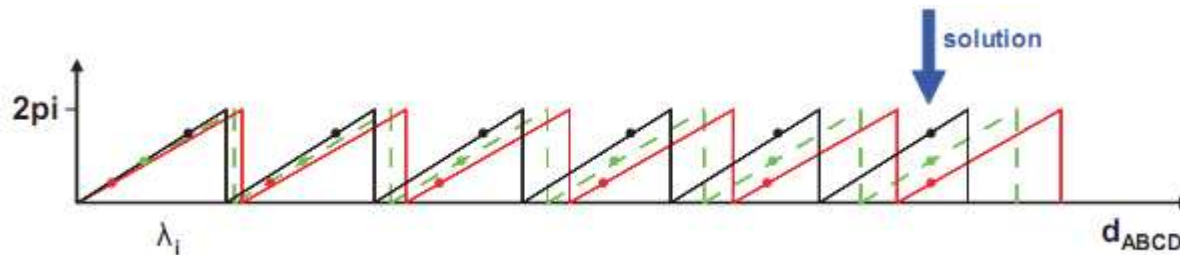
Frekvencia és fázismérés



Távolságmérés

- ▶ Minden mérés 13 frekvenciacsatornán történik (már 3 elég lenne)

$$d_{ABCD} = \lambda_i n_i + \gamma_i = \lambda_j n_j + \gamma_j, \quad \lambda_i = c/f_i \quad \gamma_i = \lambda_i \frac{\vartheta_i}{2\pi}$$

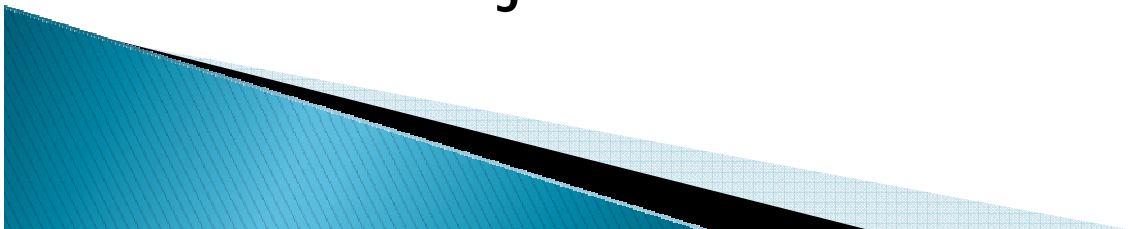


- ▶ A méréseink zajosak
 - El kell fogadni valamekkora hibát a megoldásnál
 - A megoldás a legkisebb hibájú lesz

$$error = \sqrt{\sum (d_{ABCD} - d_i)^2}.$$

Lokalizáció: Genetikus Algoritmussal

1. Véletlenszerű megoldással létrehozunk egy populációt
2. Kiválasztunk véletlenszerűen egy részpopulációt
3. A részpopulációban mindenre kiszámoljuk a hibafüggvényt
4. Hiba szerint rendezzük a részpopuláció tagjait
5. Az alsó 20%-ot kidobjuk a felső 20%-ból szülő lesz
6. Ismételjük 2.-től



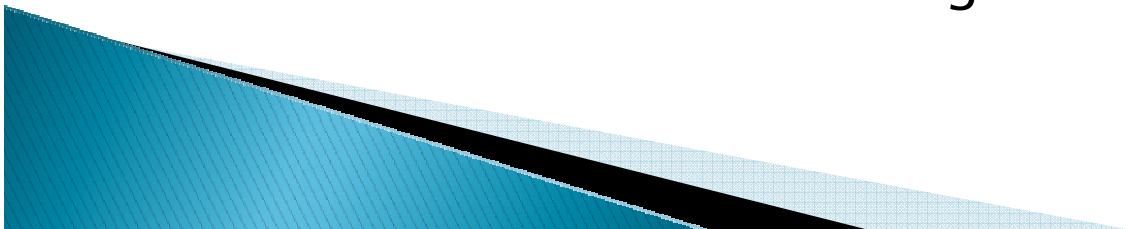
Lokalizáció: Genetikus Algoritmussal

- ▶ A hibafüggvény:

$$error(s) = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{ABCD \in \mathcal{M}} (d_{ABCD} - d_{ABCD}(s))^2},$$

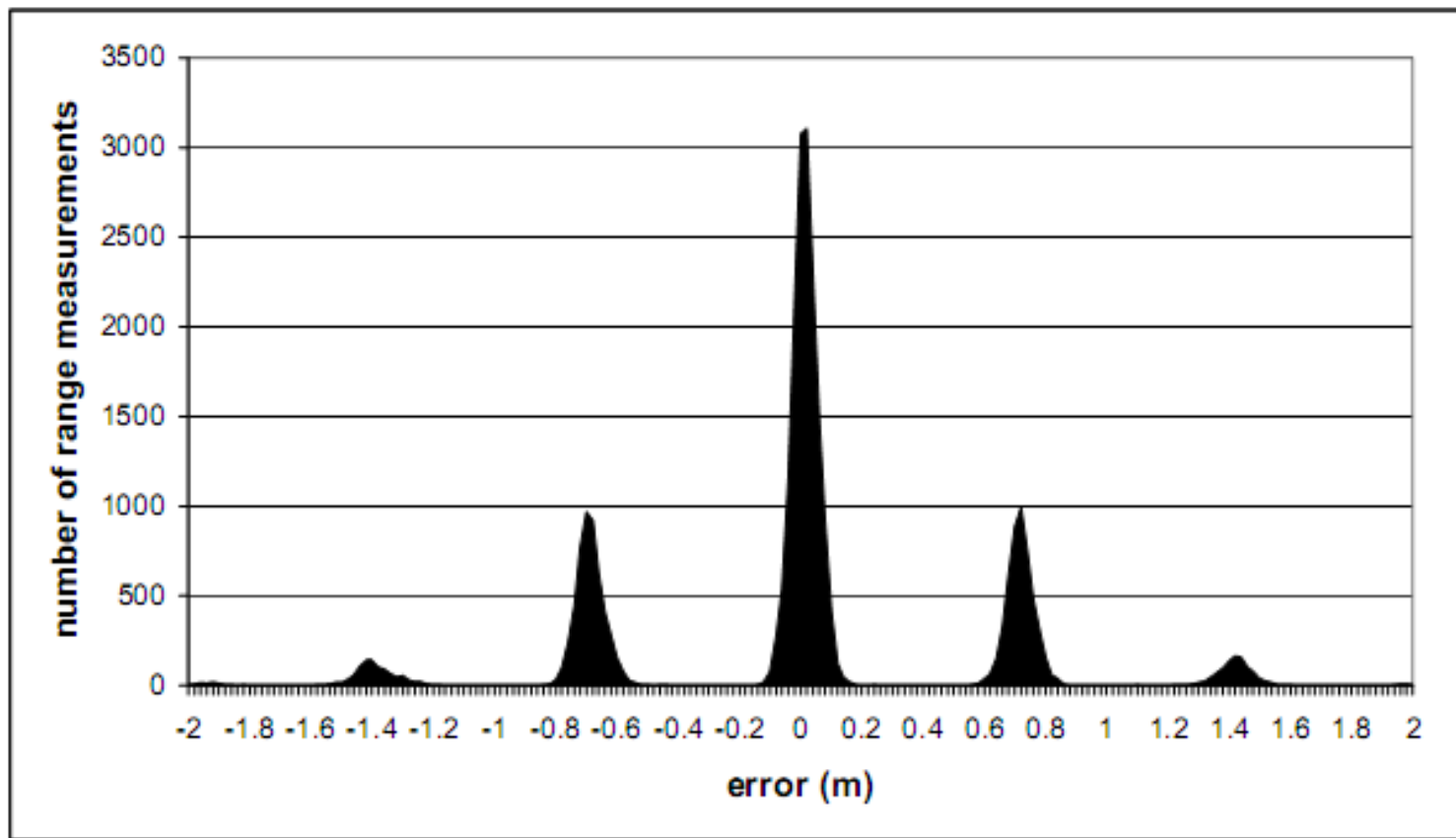
- ▶ Genetikus operátorok

- Keresztezés
- Mutációt
 - Egy node-ot normális eloszlású kis véletlenszámmal mozgatunk
 - Egy node-ot véletlen helyre viszünk
 - Minden node-ot ugyanazzal a normális eloszlású kis véletlenszámmal mozgatunk



Eredmények

- ▶ Hatótáv: akár 160m
 - Adatátvitel csak 80m



Eredmények

- ▶ Szűréssel tovább javítható

