

Helymeghatározás

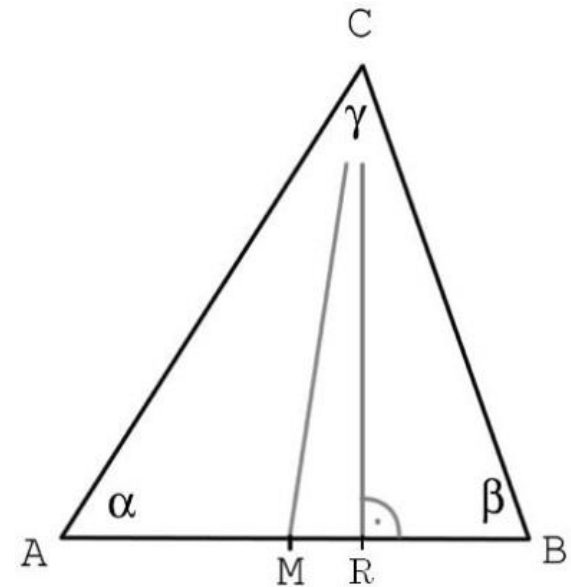
Balogh András

BME-HIT

- **Abszolút módszerek**
 - Háromszögelés
 - Trilateráció
 - Multilateráció
 - Ujjlenyomat-módszer
 - Közelség-alapú
- **Relatív becslések**
 - Elmozdulás iránya és nagysága

Háromszögelés

- Háromszögelés
 - Min. 2 db referenciapont: **A** és **B**
 - Min. 2 db **szög** (AoA) mérés: α és β

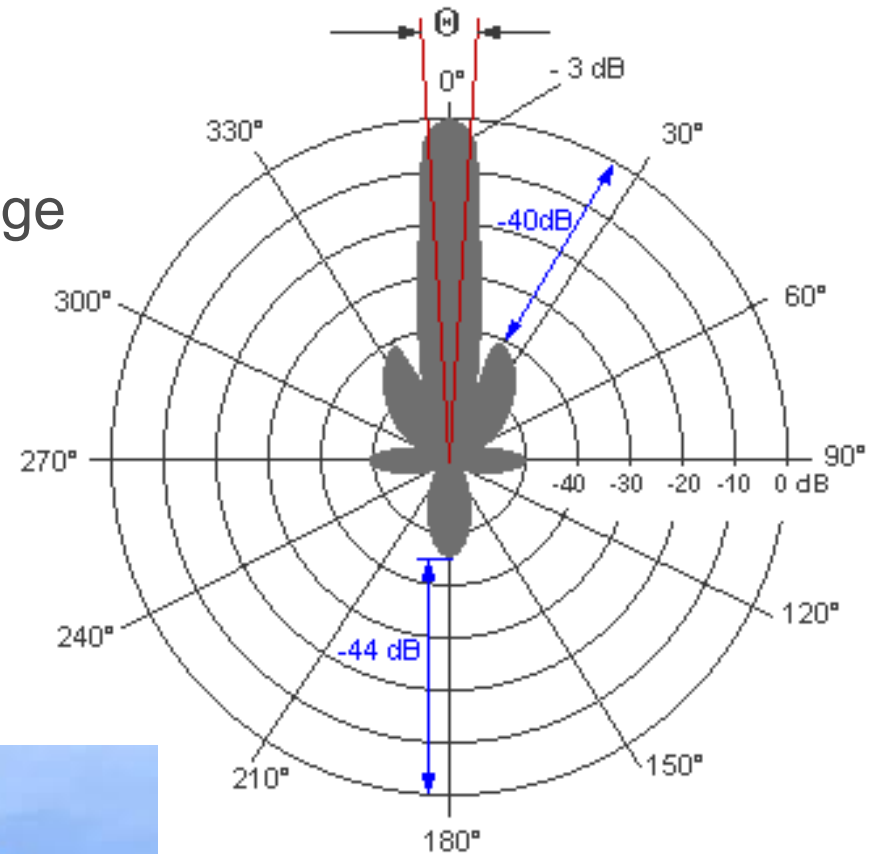


$$y - a_2 = \tan(\alpha + \theta) \cdot (x - a_1)$$

$$y - b_2 = \tan(180^\circ - \beta + \theta) \cdot (x - b_1)$$

Háromszögelés

- Angle of Arrival (AoA) mérések:
 - Radar-elv:
 - Nyaláb iránya és szélessége
 - Nyaláb forgatása
 - Megvalósítás:
 - Antennarendszer
 - Mechanikus forgatás



Trilateráció

- **Trilateráció**

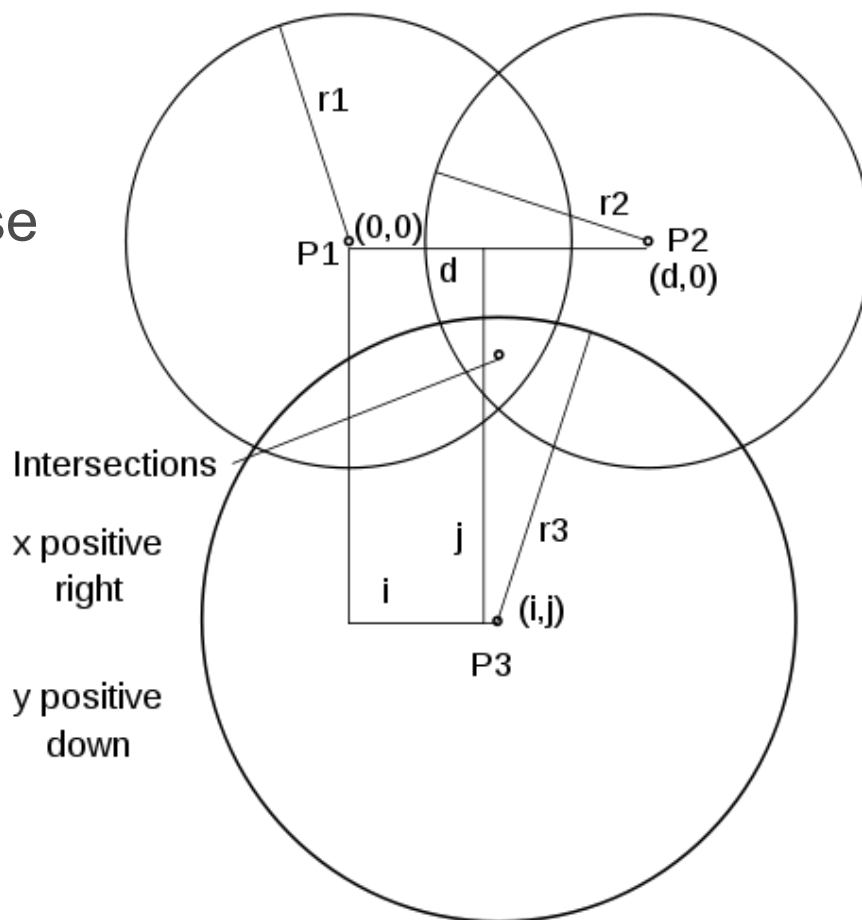
- Min. 3 db referenciapont
- Min. 3 db **távolság** mérése

$$r_1^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$r_2^2 = (x - d)^2 + y^2 + z^2$$

$$r_3^2 = (x - i)^2 + (y - j)^2 + z^2$$

$$z = \pm \sqrt{r_1^2 - y^2 - x^2}$$



- **Távolságmérés**
 - Time of Arrival (ToA)
 - Rádiós jel adása és vétele között eltelt idő
 - Időszinkron az adó és a vevő között
($\Delta t = 10\text{ns} \rightarrow \Delta d \cong 3\text{m}$)
 - Vételi teljesítmény (RSSI)
 - Adási és vételi jel teljesítményének különbsége
 - Link Budget + csatornamodellek (fading)

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} - L_{PL} - L_M + G_{RX} - L_{RX}$$

$$L_{PL} = L_0 + 10 \cdot \gamma \cdot \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_G$$

Multilateráció

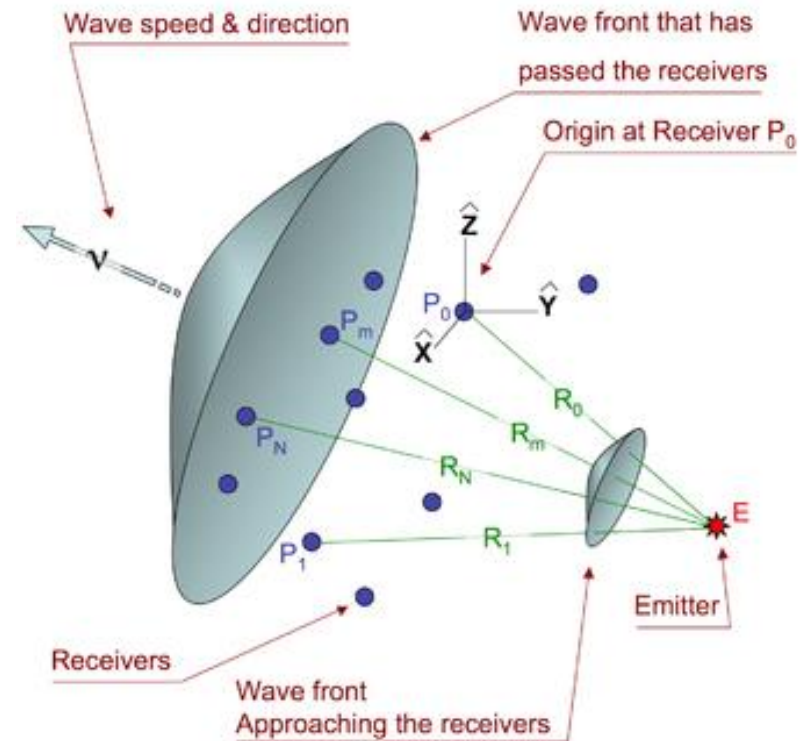
- **Multilateráció (hiperbolikus)**
 - Min. 4 db referenciapont
 - Távolságkülönbségek mérése

$$\Delta R_m = R_m - R_0 \quad m = 1, 2 \dots N$$

$$0 = xA_m + yB_m + zC_m + D_m$$

$$A_m = \frac{2x_m}{\Delta R_m} - \frac{2x_1}{\Delta R_1} \quad B_m = \frac{2y_m}{\Delta R_m} - \frac{2y_1}{\Delta R_1}$$

$$C_m = \frac{2z_m}{\Delta R_m} - \frac{2z_1}{\Delta R_1} \quad D_m = \Delta R_m - \Delta R_1 - \frac{x_m^2 + y_m^2 + z_m^2}{\Delta R_m} + \frac{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}{\Delta R_1}$$



- **Távolságkülönbség-mérés**
 - Jellemzően időkülönbségek (TDoA)
 - Time Difference of Arrival
 - Az adó és vevő között nincs szükség időszinkronra
 - Megvalósítási módok:
 - Referenciapontok általi sugárzás, vagy vétel
 - Jelek (források) egymástól való elkülönítése
 - Időben, frekvenciában, vagy kódolással
 - PI. keresztkorrelációval
 - A vett jelek teljesítménykülönbségeivel is működik

Ujjlenyomat-módszer

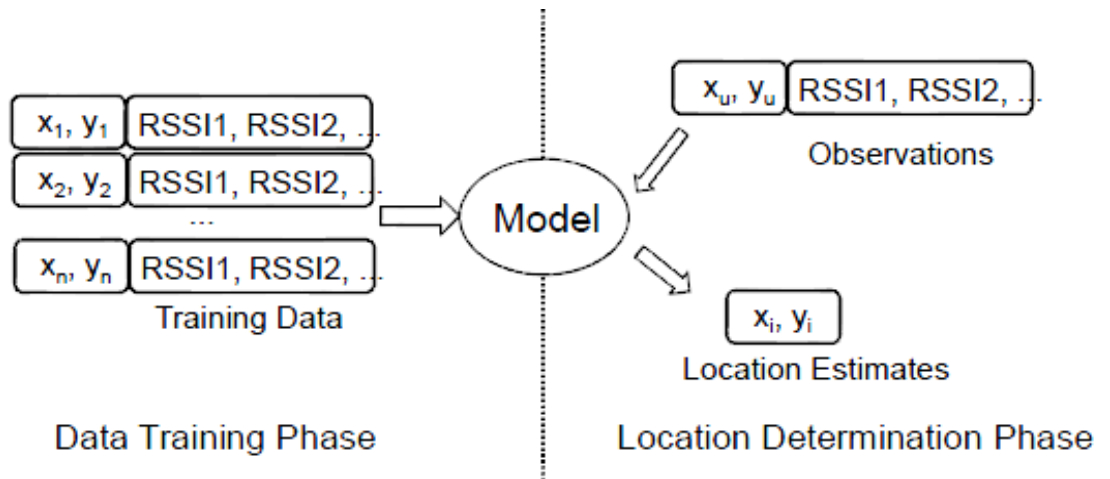
- **Fingerprinting**

- Tanulási fázis:

- Előzetes mérések alapján az adott jellemző paraméter statisztikájának hozzárendelése a tér egy megadott pontjához

- Pozicionálási fázis:

- A megadott paraméter mérése, majd a mért adatokhoz legközelebb eső statisztika alapján a pozíció becslése



Ujjlenyomat-módszer

- **Mintakeresés**
 - Jellemző paraméter
 - Pl. Vételi teljesítmény, bit-hiba arány, terjedési idők, stb.
 - Mérték: a távolsággal mutatott korreláció
 - Az „ujjlenyomatok” célszerűen egyediek kellene legyenek
 - A jellemző paraméter függvényében
 - Osztályozó algoritmusok a legjobb pozíció becsléséhez
 - Pl. kNN (k-nearest neighbor), nearest centroid, stb.
- **További tulajdonságok:**
 - Kaotikus és/vagy nemlineáris környezetek „támogatása”
 - Előzetes „felmérést” igényel a tanulási fázisban

- **Közelség-alapú pozicionálás (Proximity)**
 - Kapuk, fojtópontok, fix állomások
 - Detekció-alapú:
 - Ha „elegendően” közel kerül az adó és a vevő, úgy a kommunikáció létrejötté azon esemény, amely az állomások közelségét jelzi.
 - Jelenleg az egyik legelterjedtebb beltéri pozicionálási módszer



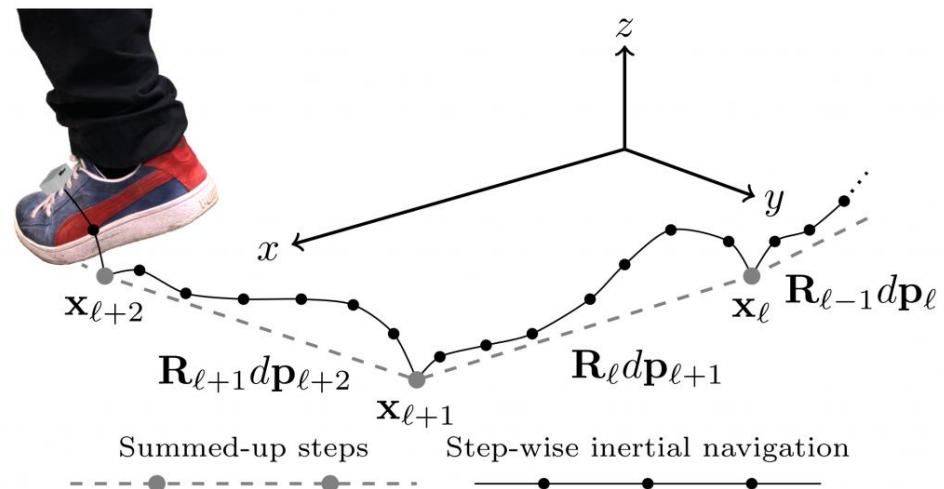
Relatív helymeghatározás

- Hozzávetőleges helymeghatározás

- Nincsenek referenciapontok
- Az elmozdulás iránya és nagysága határozza meg a trajektóriát az idő függvényében
- Abszolút pozíciók származtatása
 - Pontosan ismert kiindulópontból és kezdeti irányból

- Jellemző megvalósítás

- Gyorsulásmérők, gyroszkópok, és iránytűk segítségével
 - Komplex mozgásmodell (dead-reckoning)

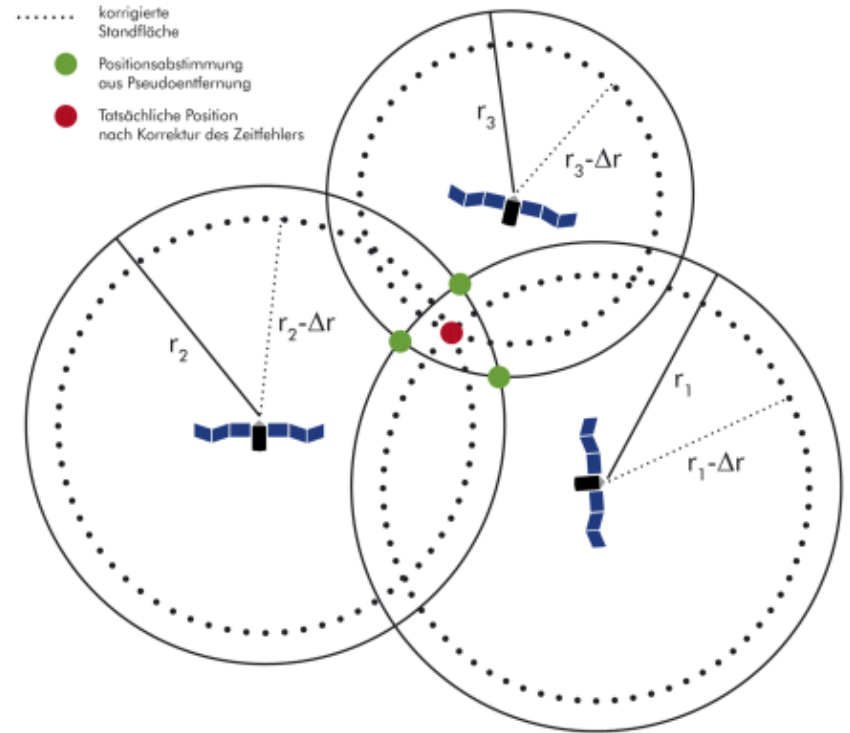
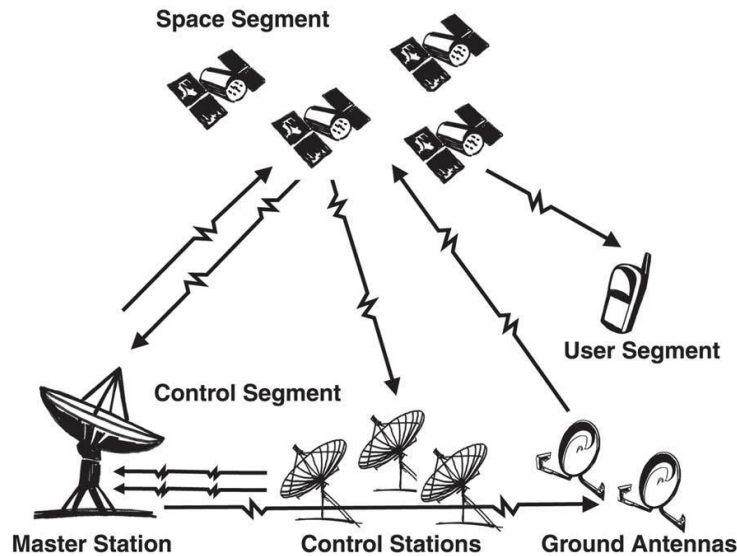


- Kültér
 - GPS – RTK
- Beltér
 - Bluetooth, Wi-Fi
 - RFID – NFC, Rubee
 - UWB
 - Ultrahang
 - Mágneses megoldások

Global Positioning System

- **GPS**

- Pontosság: kb. 3-5m
- A trilateráció elvét alkalmazza
 - A műholdak pályája ismert
 - Min. 3 műhold (x,y,z)
 - + 1 az időszinkronhoz

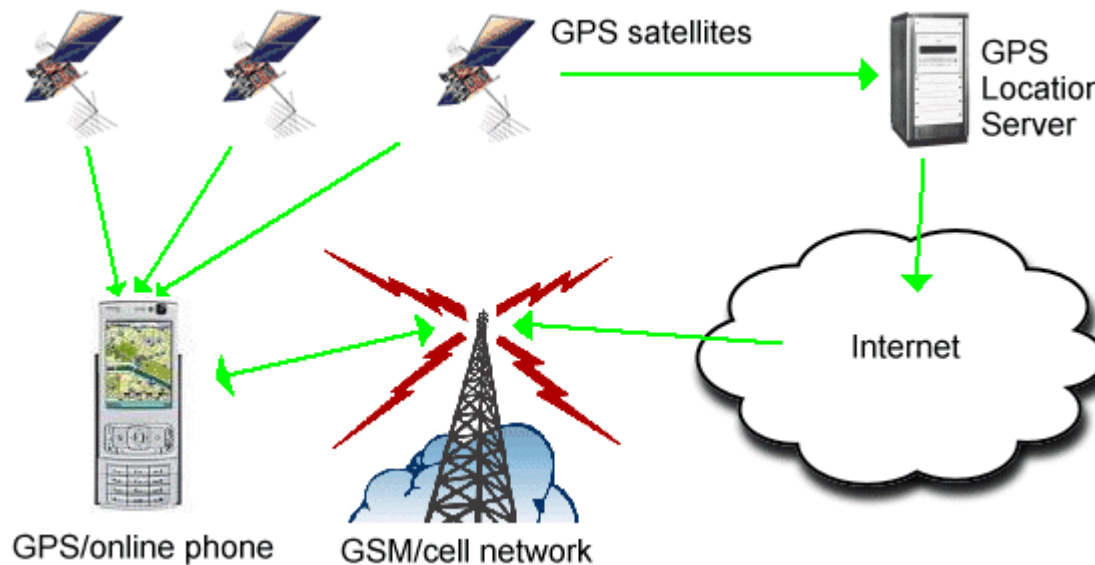


- Földi irányítóegységek segítik
 - Pontos pályaadatok
 - Légkör torzításai

Global Positioning System

- **Assisted GPS (A-GPS)**

- Mobil hálózaton 7 nappal előre megkapja a mobil készülék az aktuális pályaadatokat (Almanac), ezzel csökkentik az első pozíciómeghatározáshoz szükséges időt
- Egyébként 30-40 mp lenne amíg letöltődne a műholdról



Global Positioning System

- **Differenciális GPS (DGPS)**

- Referenciaállomás (vevő) a földön (Base Station)

- Pontosan meghatározott ponton

- Pl. geodéziai alapponton

- Korrekciós adatok szolgáltatása

- Mobil egység (Rover)

- Korrekciós adatok cseréje

- Pontosság: 10-20 cm

- **Real Time Kinematic**

- Kiegészíti a DGPS-t a vivőfázis, a dopplercsúszás és egyéb paraméterek pontos mérésével

- 1-2cm-es pontosságú pozícióbecsléseket tesz lehetővé

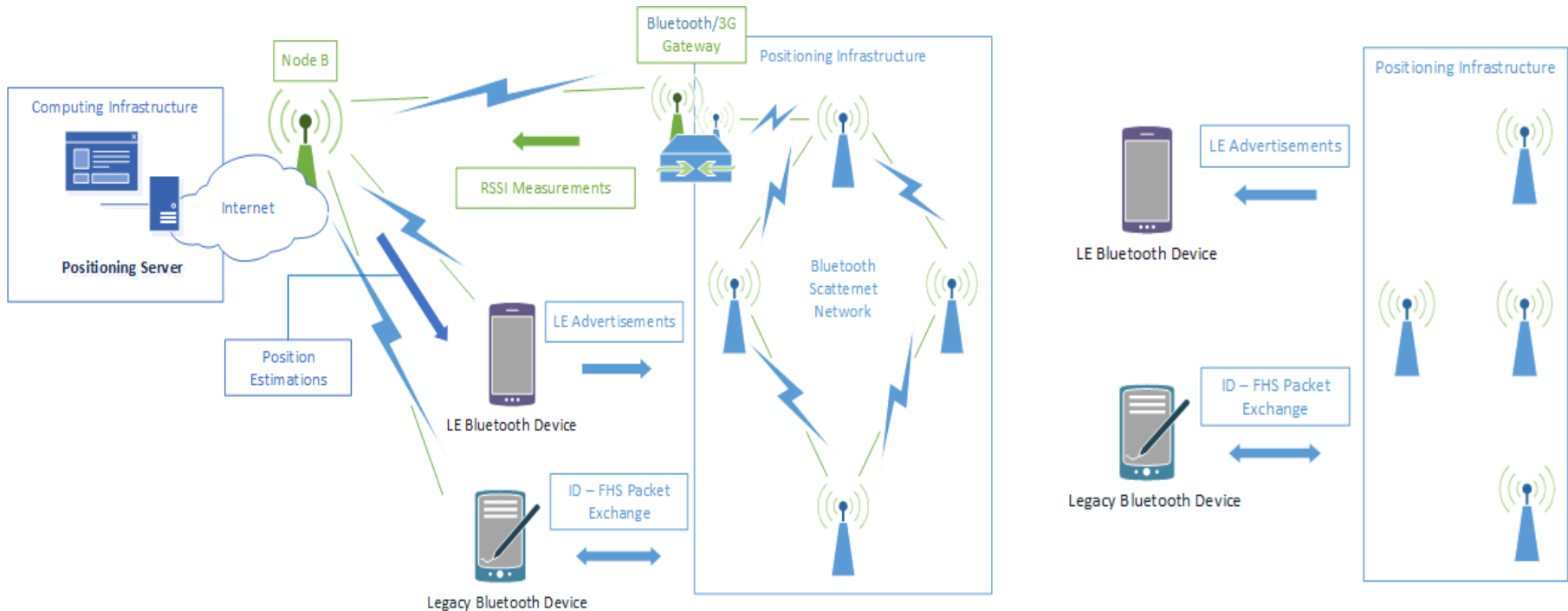
- Drága



Beltéri pozicionálási technológiák

- **Aktív kontra passzív infrastruktúra**

- **Aktív:** Az infrastruktúra végzi a pozicionálást
- **Passzív:** A követendő készülék végzi a pozicionálást
- Kültéren van passzív infrastruktúra (GPS, Csillagok, stb.)
 - Beltérben nincs...



- Aktív kontra passzív infrastruktúra
 - Aktív:
 - Nagy komplexitású algoritmusok
 - Központi adatfeldolgozás
 - Offline kvázi működésképtelen
 - Kevésbé robusztus
 - Költséges
 - Passzív:
 - Egyszerűbb algoritmusok
 - Korlátozott számítási kapacitás a mobil eszközökön
 - Offline is működőképes
 - Robusztus
 - Olcsóbb

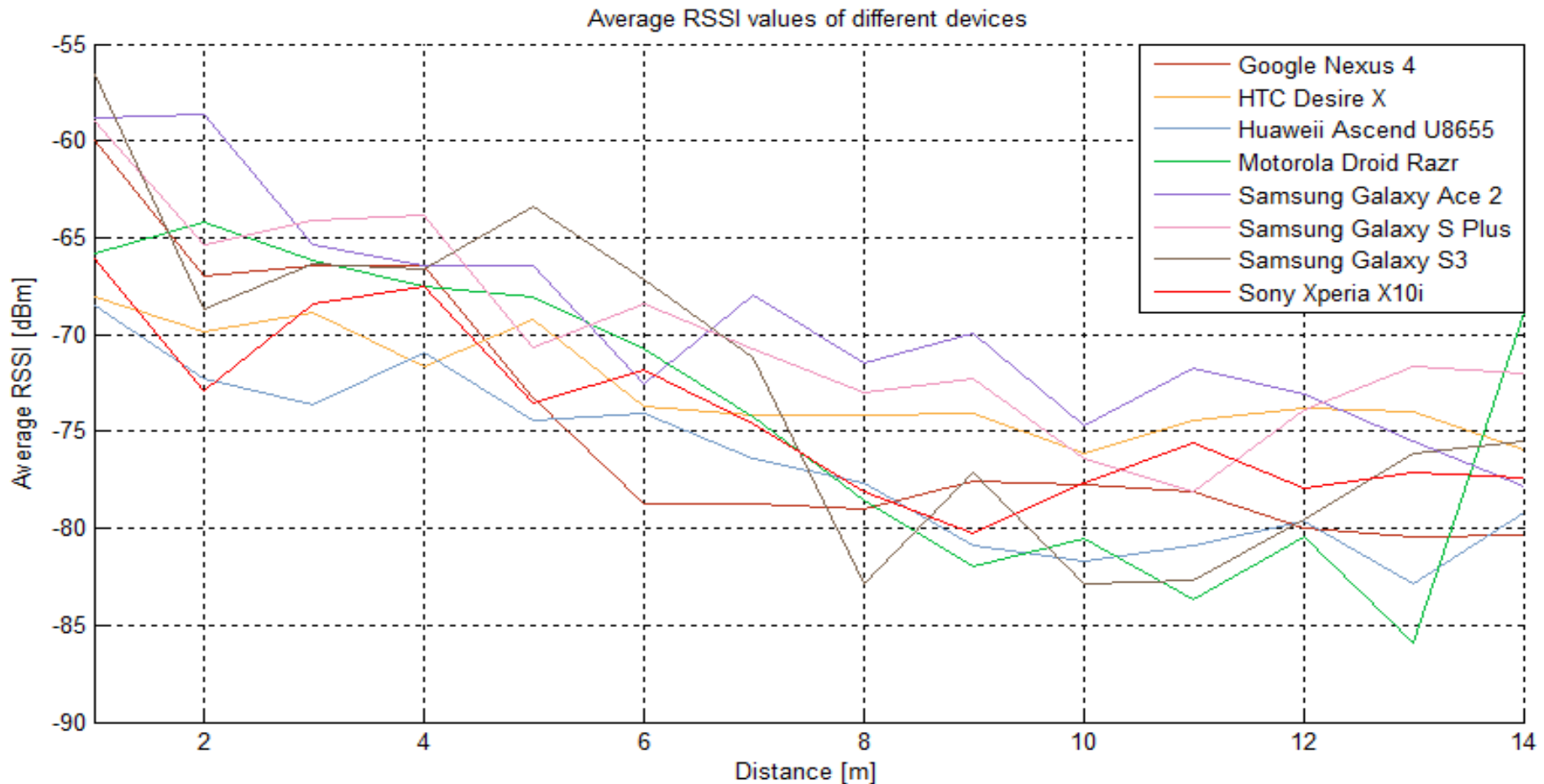
- 802.11x (Wi-Fi)
 - Pontatlan óra (ToA, TDoA időmérésekre alkalmatlan)
 - Vételi teljesítményen alapuló megoldások (RSSI)
 - Trilateráció, ujjlenyomat-módszer és közelség-alapú
 - Jellemzően tudományos műhelyekben
 - Megközelítések
 - Beacon vagy probe request frame-ek segítségével
 - Alacsony frevenciával küldött csomagok (késleltetés)
 - Magas infrastruktúra költségek (AP-k, routerek)
 - Bizonyos platformokon erős megkötések
 - Pl. iOS-en nincs felderítés API-ból
 - A probe request frame-ek küldése hektikus

- **Bluetooth**

- Az rendszeróra itt is pontatlan (ToA, TDoA-hoz nem jó)
- Vételi teljesítményen alapuló módszerek (RSSI)
 - Trilateráció, fingerprinting és közelség-alapú
 - Fokozatosan terjed (a piacon már elérhető)
 - Pl. Apple iBeacon, Google Eddystone, stb.
- A hagyományos változat túlzottan lassú (1 minta / 10 mp)
 - Ezen készülékek penetrációja a legnagyobb
- A Low Energy viszont gyors (400 minta / 10mp)
 - Egyelőre nincs még olyan sok belőle
- A legtöbb mobil platformon elérhető
- Relatív olcsó
- Az elérhető pontosság kérdéses

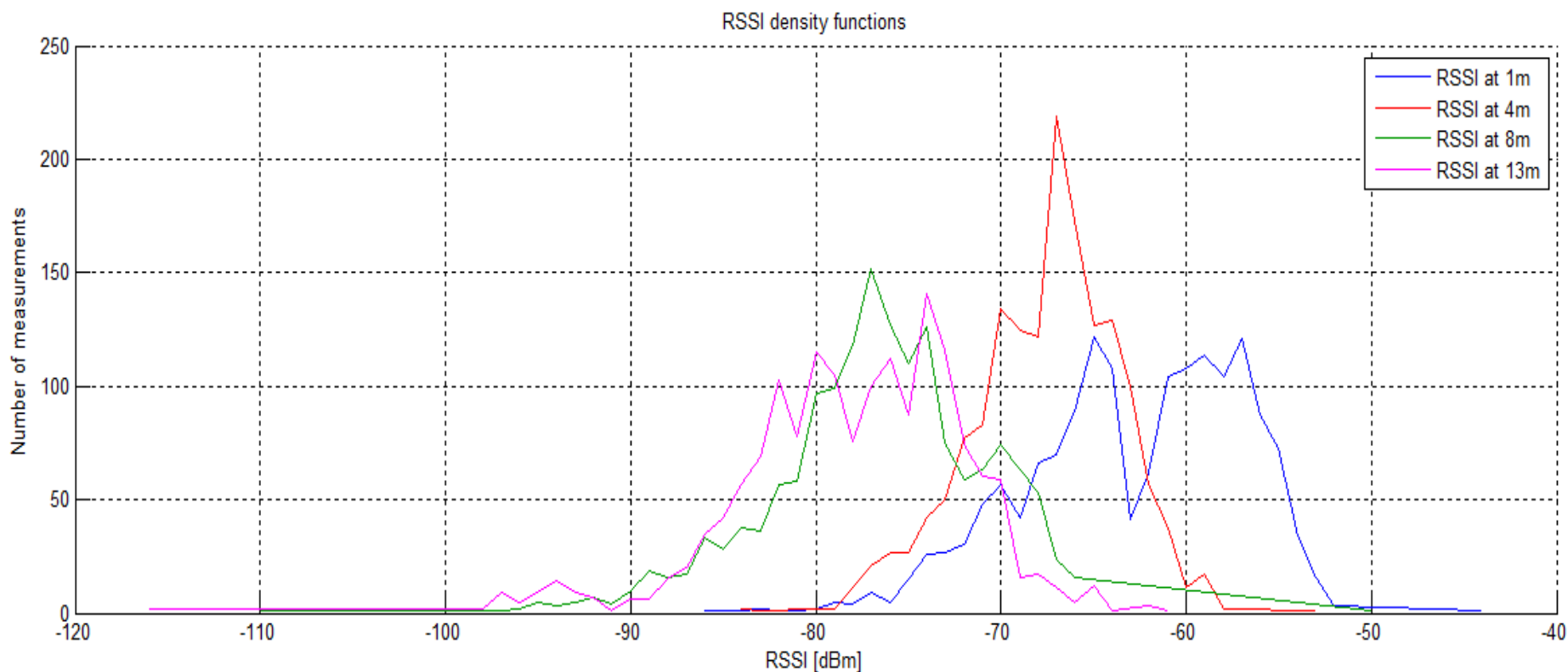
Beltéri pozicionálási technológiák

- Bluetooth
 - A valóság kijózanító...

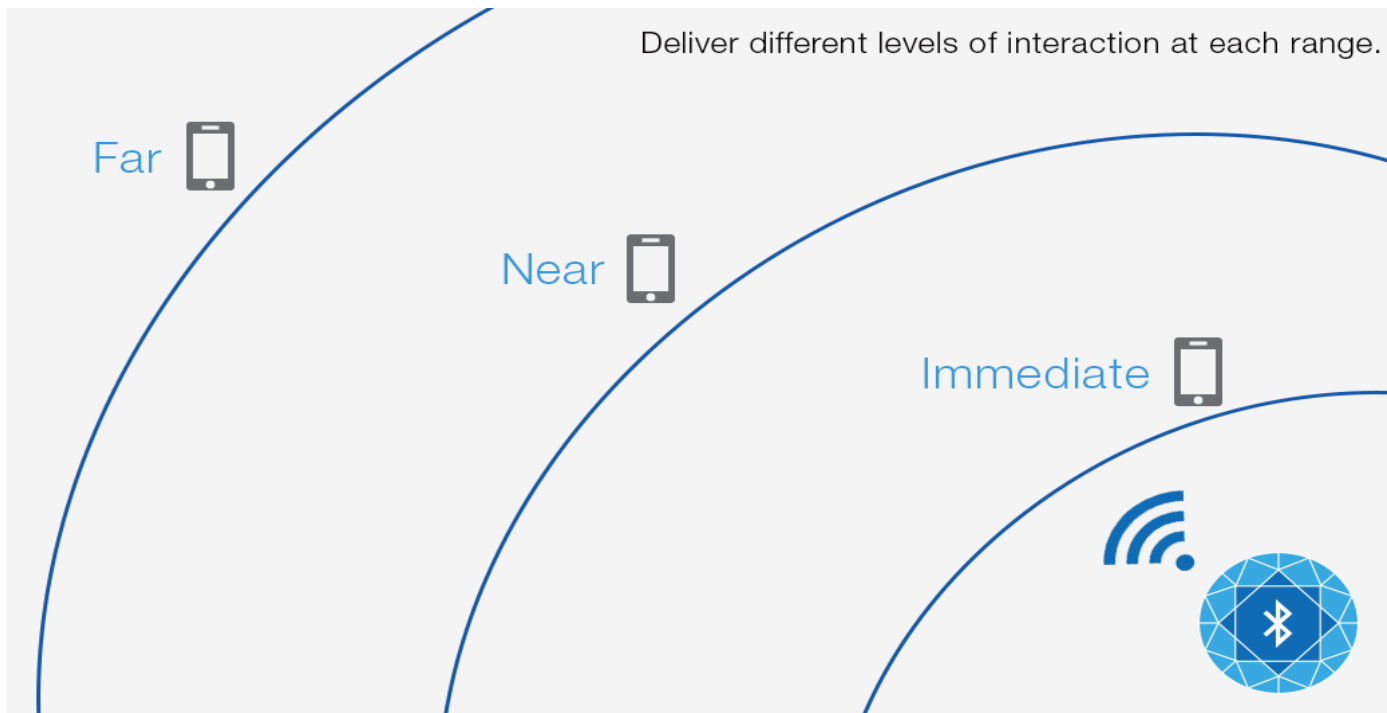


Beltéri pozicionálási technológiák

- Bluetooth
 - A valóság kijózanító...



- Bluetooth (LE) Beacon technológiák
 - Apple iBeacon
 - A többi nagyobb techcégnek is megvan a maga változata
 - Samsung Placedge, Google Eddystone
 - „Nyílt” megoldás: altBeacon



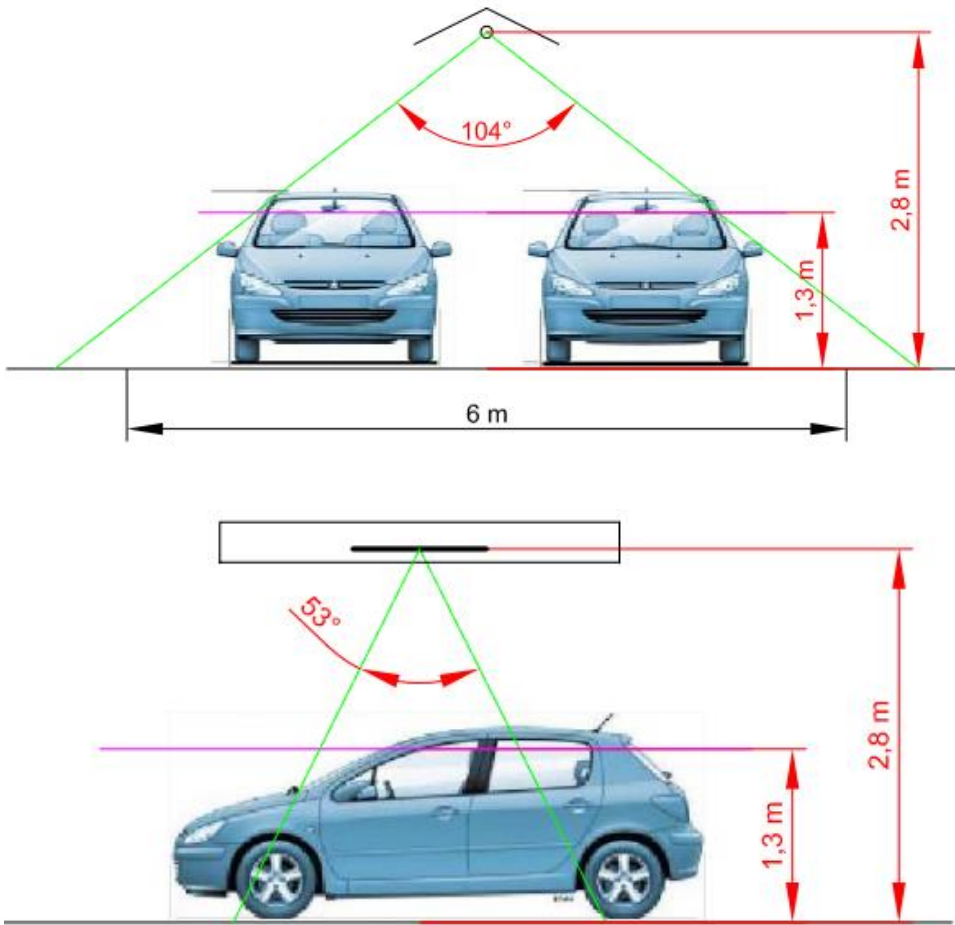
- RFID

- Az iparban régóta alkalmazott technológia
- Kis hatótáv és pontatlan óra:
 - Csak a közelség-alapú módszer alkalmazható
- Drága olvasók, olcsó tagek
 - Alkalmazási környezet függvénye költség



Beltéri pozicionálási technológiák

- RFID



- NFC

- Olcsó, passzív infrastruktúra
- 1-2cm-es közelség szükséges
 - Tényleges érintés
- Számos alkalmazás (pl. Tasker, NFC Task Launcher) megjelent már okostelefonokra, amelyek egy adott tag olvasásakor bizonyos akciók végrehajtást kezdeményezik
- A tagek könnyen elhelyezhetők, akár öntapadósak

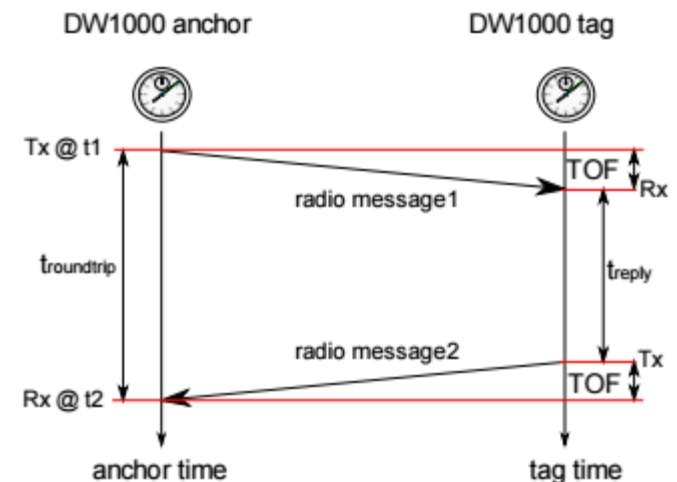


Beltéri pozicionálási technológiák

- Rubee
 - Kevésbé ismert
 - IEEE 1902.1-es szabvány rögzíti
 - Hosszúhullámú (131kHz) mágneses jeleket alkalmaz
 - A hatósugár gyorsabban csökken (Zero SSD)
 - „Átlát” a vezető anyagokon (fém, víz, stb.)
 - RFID jellegű technológia
 - Jellemzően USA-beli minisztériumok a megrendelők

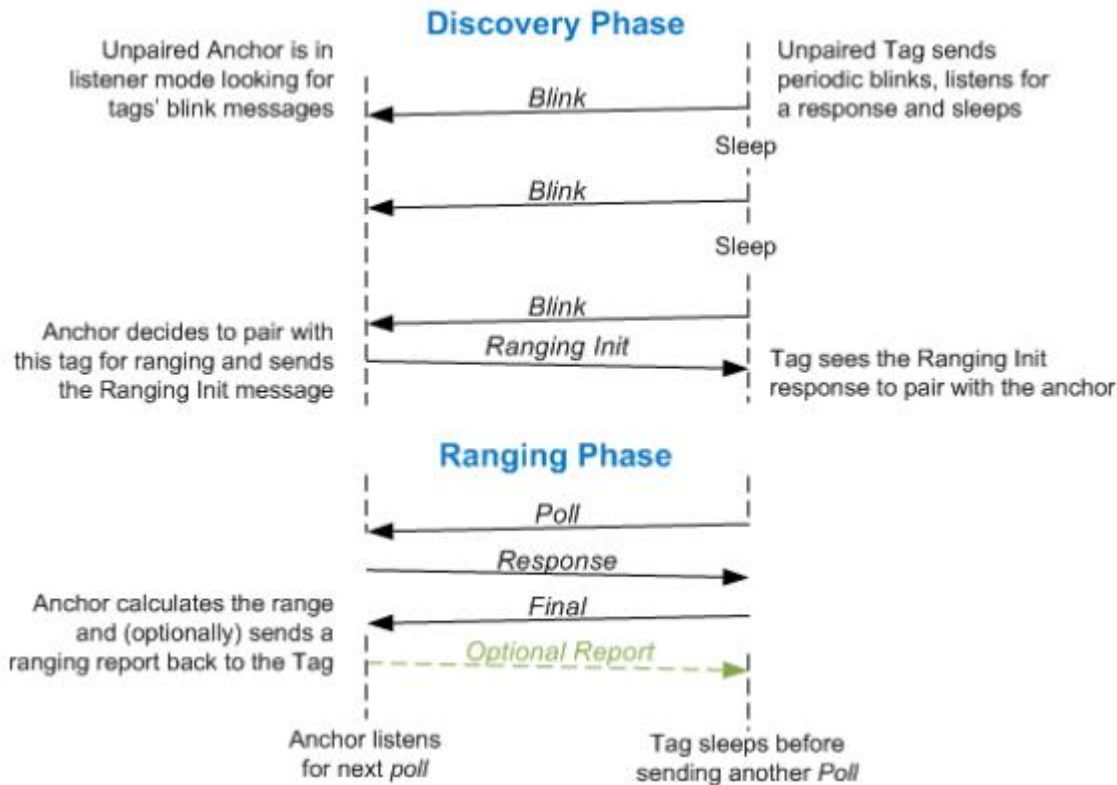


- Ultra-wideband (UWB)
 - Eddig meglehetősen drága technológia volt
 - Az utóbbi években már elérhető áron kínálják
 - Kb. 3-8 GHz átfogású rádiók (max. 10,6 GHz)
 - 500 MHz, 1 GHz és 1,3 GHz sávszélességek
 - Rövid (kb. 2 ns) impulzusok
 - Kritikus kérdés az antenna fázismenete
 - Általában kalibrálni kell
 - Referenciapontok: Anchor
 - Követendő objektum: Tag
 - Aktív infrastruktúra
 - ToA mérésen alapul



Beltéri pozicionálási technológiák

- Ultra-wideband
 - Aktuálisan 20-30 cm-es pontosság
 - Komoly hatósági korlátozások



- **Ultrahang**

- Hangszórók és mikrofonok
 - „Chirp” jelek
- A hang terjedési sebessége alacsonyabb
 - Feldolgozni is sokkal könnyebb
 - Akár $< 1\text{cm}$ pontosság is elérhető
- Olcsó eszközökkel megvalósítható
- Jellemzően:
 - Trilateráció
 - Közelség-érzékelés (pl. tolatóradar)
- Korlátozott hatótávolság (kb. 20-30m)
- Természetes (fémes) zörejek is zavarják

