

## Szkolenie GNSS. Moduł GNSS 2: Źródła błędów. Interferencje.

Moduł "Źródła błędów. Interferencje." ma za zadanie zapoznać z tzw. portfelem błędów składających się na sumaryczny błąd pozycji użytkownika GNSS. Dodatkowo omówimy rodzaje interferencji a także praktycznie pokażemy zachowanie odbiornika podczas ataku jammerem, z omówieniem sposobów przeciwdziałania.

Szkolenie będzie prowadzone poprzez Zoom, Skype lub Google Hangout, i będzie zawierać dzielenie ekranu (w celu prezentacji oprogramowania obliczeniowego) oraz tablicę wirtualną.



"portfel błędów"  
GNSS

- zegary satelitów
- błędy orbity
- opóźnienia
- Beidou
- QZSS

interferencje

- siła sygnału GNSS
- interferencja nieumyślna
- intencjonalny jamming
- spoofing
- narzędzia detekcji
- metody mitygacji

demonstracja  
praktyczna

Jamming odbiornika GPS L1.

Nabyte kompetencje:

matematyczne wyliczenie pozycji odbiornika GNSS				
prawidłowe stosowanie podstawowych pojęć				
zrozumienie portfela błędów GNSS				
umiejętność doboru narzędzi mitygacji interferencji				

### Błędy instrumentalne odbiornika

- Niestabilność wzorców częstotliwościowych
  - Minimalizacja: pomiar różnicowy
- Szumy własne odbiornika
  - Spowodowane są działaniem urządzeń elektronicznych w nim zastosowanych i nie są możliwe do wyeliminowania. Wyznaczenie DCB - opóźnienie względne (względem np. kodu P2)
- Zmienność centrum fazowego anteny
  - Jest to niepokrywanie się rzeczywistego położenia punktu skupiającego sygnał GPS z punktem teoretycznym
  - Eliminacja: testy kalibracyjne anteny

### Efekt relatywistyczny

$$\frac{d\tau_z}{d\tau_s} = 1 - \frac{2GM_E}{R_z c^2} - \frac{v_z^2}{2c^2} + \frac{2GM_E}{R_s c^2} + \frac{v_s^2}{2c^2} = 1 - D + B > 1.$$

Wypadkowa różnica czasu na zegarze ziemskich i satelitarnym (efekt przesunięcia częstości ku fioletowi i czerwieni) jest rzędu  $\Delta f = 39\,000\text{ ns} = 39\text{ mikrosekund}$ .

W rezultacie zegar atomowy na orbicie spiesz się względem ziemnego (dzień szybciej) o 39 mikrosekund na dobę.

W tym czasie światło przebywa odległość  $\Delta l = 11\,700\text{ m} \approx 12\text{ km}$ .

Jak rozwiązano technicznie ten problem w GPS?  
Nominalna częstotliwość pracy systemu wynosi 10,23 MHz.  
Zmniejszono więc częstotliwość pracy satelitów do wartości

$$(1 - 4,4647 \times 10^{-10}) \times 10,23\text{ MHz} = 10,229\,999\,995\,43\text{ MHz}.$$

Przykład materiałów ze szkolenia (Copyright wykładowca GPS.PL).