

GPS – jak działa globalny system pozycjonowania?

Wprowadzenie

GPS, czyli **Global Positioning System**, to technologia, bez której trudno dziś wyobrazić sobie codzienne życie. Korzystają z niej kierowcy, rowerzyści, żeglarze, a nawet rolnicy. System pozwala na **dokładne określenie pozycji** w dowolnym miejscu na Ziemi, o każdej porze dnia i nocy. Ale jak to właściwie działa?

Historia GPS

System GPS został opracowany w latach 70. XX wieku przez Departament Obrony Stanów Zjednoczonych, początkowo wyłącznie do zastosowań wojskowych. W 1983 roku, po zestrzeleniu przez ZSRR pasażerskiego samolotu KAL 007, prezydent Ronald Reagan ogłosił, że system GPS będzie dostępny także dla celów cywilnych.

Dziś GPS to jeden z kilku globalnych systemów nawigacji satelitarnej (GNSS). Inne to rosyjski **GLONASS**, europejski **Galileo** i chiński **BeiDou**.

Jak działa GPS?

System GPS opiera się na **sieci co najmniej 24 satelitów** krążących wokół Ziemi na wysokości ok. 20 200 km. Satelity te:

- **Nadają sygnały radiowe**, zawierające informację o czasie i własnej pozycji,
- Są rozmieszczone tak, by z każdego miejsca na Ziemi można było „widzieć” co najmniej 4 z nich.

Triangulacja

Odbiornik GPS (np. w telefonie) odbiera sygnały od wielu satelitów i **mierzy czas ich dotarcia**. Ponieważ fale radiowe poruszają się z prędkością światła, z opóźnienia można wyliczyć odległość do każdego satelity.

Znając pozycje satelitów i odległości do nich, odbiornik stosuje metodę **triangulacji** (ściślej: trilateracji), by wyznaczyć własną lokalizację w trójwymiarowej przestrzeni.

Dokładność systemu

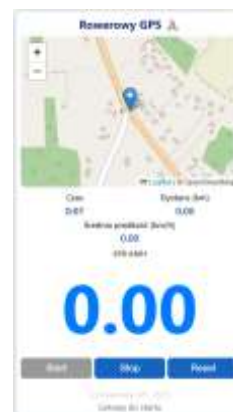
Dzięki korekcji czasu (z wykorzystaniem atomowych zegarów) i dodatkowym systemom wspomagającym (np. WAAS, EGNOS), **dokładność GPS** dla użytkownika cywilnego sięga **5 metrów**, a czasem nawet **poniżej 1 metra**, gdy używa się GPS z korekcją różnicową (DGPS).

W zastosowaniach wojskowych lub naukowych (np. geodezji) GPS może być dokładny **do centymetra**.

Zastosowania GPS

GPS znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach:

- **Nawigacja** – samochodowa, morska, lotnicza, piesza,
- **Mapy i lokalizacja** – aplikacje typu Google Maps,
- **Sport i zdrowie** – aplikacje mierzące dystans, prędkość, tętno,
- **Bezpieczeństwo** – systemy monitorowania pojazdów, osób, paczek,
- **Rolnictwo precyzyjne** – sterowanie maszynami z dokładnością do kilku centymetrów,
- **Geodezja i badania naukowe** – pomiary ruchów skorupy ziemskiej, poziomu morza itp.



Ograniczenia i wyzwania

Choć GPS to potężne narzędzie, ma też swoje ograniczenia:

- **Zacienienie sygnału** – w tunelach, gęstych lasach lub wśród wysokich budynków sygnał może zanikać,
- **Zakłócenia i spoofing** – celowe lub przypadkowe zakłócanie sygnału, a nawet jego podrobienie, to realne zagrożenia,
- **Zależność od infrastruktury** – np. satelitów i dokładnych zegarów atomowych.

Przyszłość GPS

Trwają prace nad nowymi generacjami satelitów GPS (np. GPS III), które będą bardziej odporne na zakłócenia, zapewnią większą dokładność i niezawodność. Coraz więcej urządzeń łączy dane z wielu systemów GNSS, co pozwala zwiększyć precyzję i dostępność sygnału.

Podsumowanie

GPS to technologia, która zrewolucjonizowała sposób, w jaki się poruszamy i orientujemy w przestrzeni. Choć działa na zasadach z pozoru skomplikowanych, dla użytkownika jest intuicyjna i niezawodna. A dzięki ciągłemu rozwojowi satelitów i odbiorników – będzie jeszcze lepsza.

5 zadań dotyczących GPS

wraz z **pełnymi rozwiązaniami** i odpowiedziami

Zadanie 1. Czas przelotu sygnału GPS

Satelita GPS znajduje się na orbicie na wysokości 20 200 km nad powierzchnią Ziemi. Oblicz, ile czasu potrzebuje sygnał radiowy, aby dotrzeć do odbiornika GPS na powierzchni Ziemi. Przyjmij, że sygnał porusza się z prędkością światła w próżni:

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Rozwiązanie:

Wzór na czas:

$$t = \frac{s}{v}$$

Odległość w metrach:

$$s = 20\,200 \text{ km} = 20\,200 \cdot 10^3 \text{ m} = 2,02 \cdot 10^7 \text{ m}$$

Obliczenie czasu:

$$t = \frac{2,02 \cdot 10^7}{3,0 \cdot 10^8} \approx 0,067 \text{ s}$$

Odpowiedź:

Czas przelotu sygnału z satelity GPS do Ziemi wynosi około **67 milisekund**.

Zadanie 2. Odległość z różnicy czasów

Odbiornik GPS zmierzył, że sygnał dotarł od jednego z satelitów po czasie 0,08 s. Oblicz, w jakiej odległości znajdował się satelita.

Rozwiązanie:

Wzór:

$$s = c \cdot t$$

Podstawiamy dane:

$$s = 3,0 \cdot 10^8 \cdot 0,08 = 2,4 \cdot 10^7 \text{ m}$$

Zamiana na kilometry:

$$s = 24\,000 \text{ km}$$

Odpowiedź:

Satelita znajdował się w odległości **24 000 km** od odbiornika.

Zadanie 3. Błąd pozycji z błędu czasu

Zakładając, że zegar odbiornika GPS spóźnia się o 1 mikrosekundę ($1 \mu\text{s}$), oblicz, jak duży błąd w obliczeniu pozycji może z tego wynikać.

Rozwiązanie:

Czas:

$$t = 1 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

Błąd pozycji:

$$\Delta s = c \cdot t = 3,0 \cdot 10^8 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 300 \text{ m}$$

Odpowiedź:

Błąd zegara rzędu **1 μs** powoduje błąd pozycjonowania o **300 metrów**.

Zadanie 4. Prędkość z przesunięcia pozycji

Rowerzysta porusza się z odbiornikiem GPS. Odbiornik zanotował zmianę położenia z punktu A do punktu B o 120 metrów w czasie 10 sekund. Oblicz prędkość średnią rowerzysty.

Rozwiązanie:

Wzór:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{120}{10} = 12 \text{ m/s}$$

Przeliczenie na km/h:

$$12 \cdot 3,6 = 43,2 \text{ km/h}$$

Odpowiedź:

Prędkość średnia rowerzysty wynosi **12 m/s**, czyli **43,2 km/h**.

Zadanie 5. Triangulacja pozycji – uproszczona wersja

Załóżmy, że odbiornik GPS odbiera sygnał od 3 satelitów:

- odległość do satelity A: 20 000 km,

- odległość do satelity B: 21 000 km,
- odległość do satelity C: 22 000 km.

Czy na podstawie tych trzech danych można określić pozycję odbiornika?

Rozwiązanie:

W przestrzeni 3D odległość do 3 znanych punktów (satelitów) określa przecięcie trzech kul — punkt przecięcia to lokalizacja odbiornika.

W praktyce jednak potrzebna jest dodatkowa informacja o przesunięciu zegara odbiornika, dlatego GPS używa sygnału co najmniej **4 satelitów**.

Odpowiedź:

Tak, 3 satelity pozwalają wyznaczyć pozycję w przestrzeni, ale w praktyce stosuje się **4 satelity**, by skorygować czas odbiornika.