



Satelitarny system wyznaczania pozycji w geodezji i nawigacji, cz. I

Segmenty i sygnał GPS

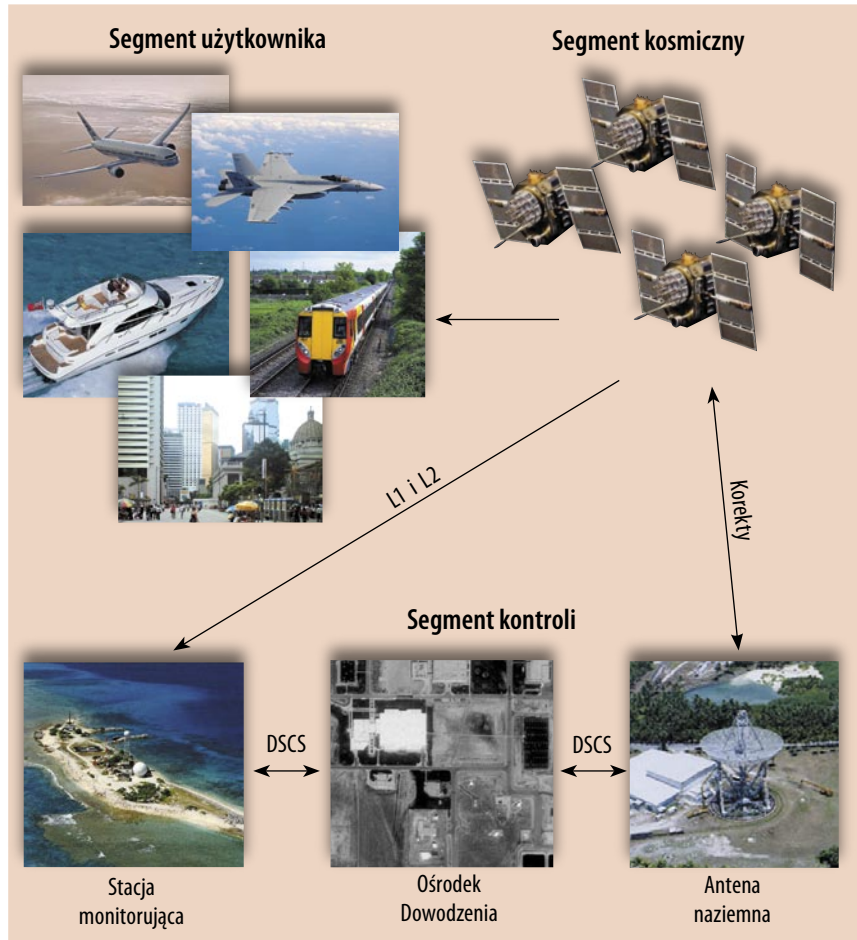
Pomiary satelitarne wykorzystujące globalny system wyznaczania pozycji GPS znalazły w ostatnich latach powszechne zastosowanie w pracach geodezyjnych i nawigacji. Zadecydowała o tym możliwość natychmiastowego uzyskania położenia, prawie całkowita automatyzacja pomiarów i ich opracowania, a także wyższa dokładność oraz znacznie niższe koszty w porównaniu z tradycyjnymi technikami naziemnymi. Technologia GPS jest też używana w badaniach geodynamicznych, m.in. do wyznaczania parametrów ruchu bieguna czy badania stabilności ruchu obrotowego Ziemi, a także ruchu płyt tektonicznych.

JANUSZ ŚLEDZIŃSKI

Aco to jest GPS? Global Positioning System (GPS) zaprojektowano i skonstruowano w USA na zlecenie amerykańskiego Ministerstwa Obrony (Department of Defense) jako wojskowy system nawigacyjny. Tworzą go trzy segmenty (rys. 1):

- konstelacja co najmniej 24 satelitów,
- Ośrodek Dowodzenia połączony ze stacjami permanentnie obserwującymi wszystkie satelity GPS,
- użytkownicy wyposażeni w odbiorniki GPS.

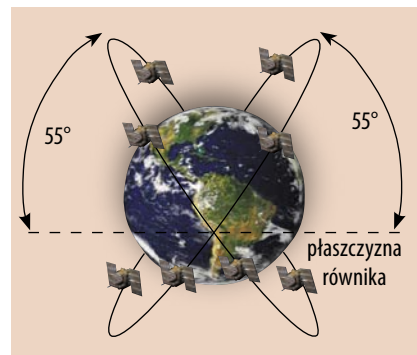
Od 1 stycznia 1995 roku GPS jest w pełni operacyjny. Obecna konstelacja składa się z 30 satelitów umieszczonych na sześciu prawie kołowych orbitach nachylonych względem równika pod kątem 55° (rys. 2), równomiernie rozłożonych w długości geograficznej i oddalonych od powierzchni Ziemi o ponad 20 000 km. Okres obiegu satelity wokół naszej planety wynosi około 12 godzin. Takie rozmieszczenie w przestrzeni zapewnia możliwość jednoczesnego obser-



Rys. 1. Segmenty systemu GPS

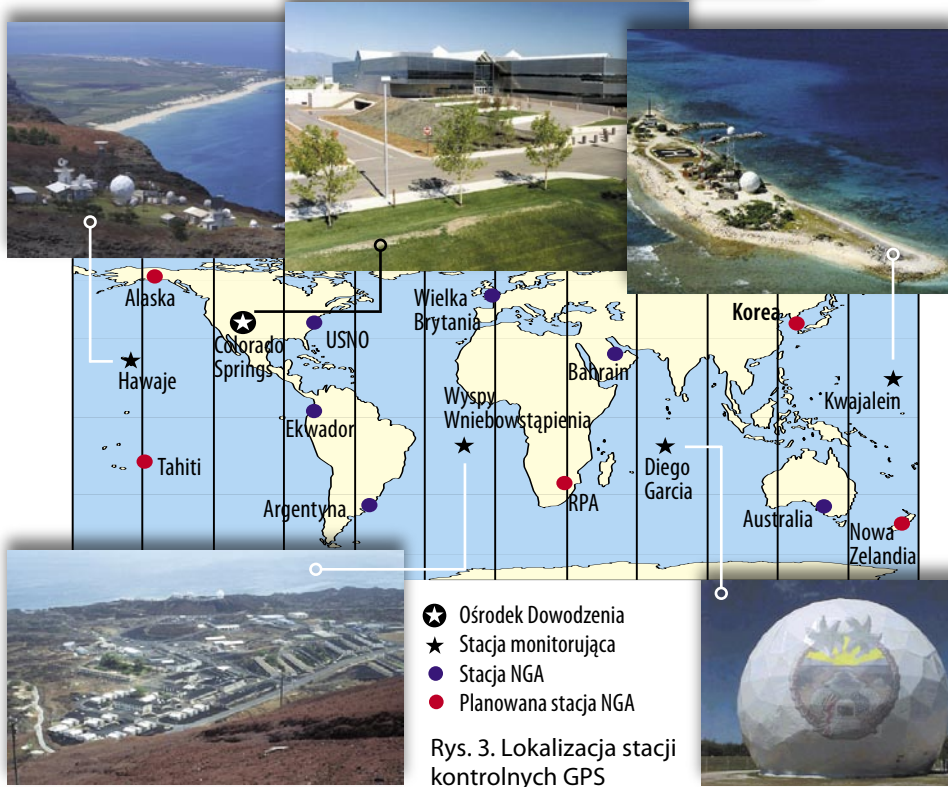
wowania (widzenia) przynajmniej czterech satelitów GPS z dowolnego punktu na Ziemi.

Bazy i stacje monitorujące. Wszystkie satelity GPS są permanentnie obserwowane przez kilka tzw. stacji monitorujących i dla każdego z nich obliczane są precyzyjne elementy orbity i poprawka zegara atomowego. Dane te wprowadzane są do pamięci komputerów pokładowych. W ten sposób każdy satelita ma zapewnioną aktualizację swojej pozycji w przestrzeni i synchronizację zegara do czasu całego GPS. Ośrodek Dowodzenia (Master Control Station) znajduje się w bazie



Rys. 2. Nachylenie orbity

amerykańskich sił lotniczych w Colorado Springs. Stacje obserwacyjne (Monitor Stations) USAF (US Air Force) pracują w Kwajalein, Diego Garcia, na Wy-



★ Ośrodek Dowodzenia
 ★ Stacja monitorująca
 ● Stacja NGA
 ● Planowana stacja NGA
 Rys. 3. Lokalizacja stacji kontrolnych GPS

spach Wniebowstąpienia (Ascension Is.) i na Hawajach. Działa także 6 stacji NGA (National Geospatial Agency): w Argentynie, Australii, Bahrajnie, Ekwadorze, Stanach Zjednoczonych (US Naval Observatory USNO) i Wielkiej Brytanii. Planuje się uruchomienie w najbliższym czasie następujących pięciu: na Alasce, w Korei Południowej, Nowej Zelandii, RPA i na Tahiti (rys. 3).

Częstotliwości na razie dwie. Sygnał satelitalny, który dociera z satelity do odbiornika, jest bardzo skomplikowany (rys. 4). Składa się on z dwóch podstawowych częstotliwości: tzw. L1 = 1575,42 MHz i L2 = 1227,60 MHz, na które nałożone są specjalne kody C/A i P oraz pakiet dodatkowych informacji. Pomiar prowadzony na dwóch częstotliwościach jest praktycznie wolny od wpływu refrakcji jonosferycznej. Refrakcję niższych warstw atmosfery – troposfery – eliminuje się poprzez automatyczne wprowadzanie poprawek obliczanych na podstawie przyjętego modelu atmosfery. Kody zawarte w sygnale satelitów wykorzystywane są do pomiaru odległości (tzw. pseudoodległości) satelity od anteny odbiornika. Kod P (precise – protected) jest precyzyjny, ale dostępny tylko dla uprawnionych użytkowników, zaś kod C/A (coarse acquisition – clear access) – ogólnie dostępny, ale mniej dokładny.

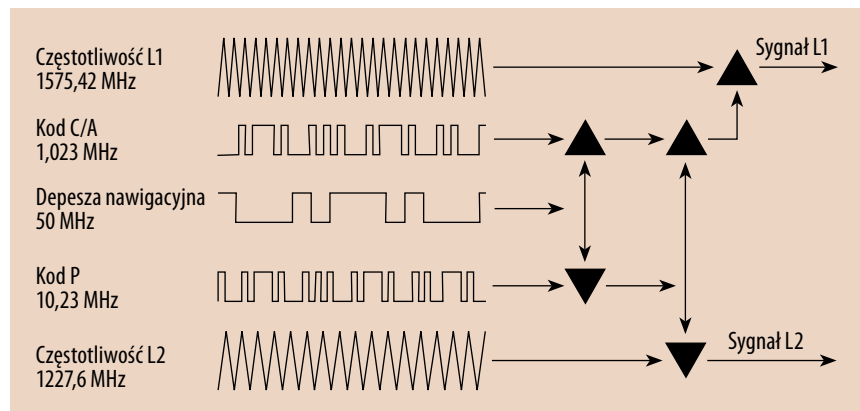
Pakiet informacji wysyłany w sygnale satelitalnym zawiera między innymi elementy orbit wszystkich satelitów GPS, poprawki zegarów pokładowych oraz dane o jakości sygnału.

Degradacja sygnału. Z chwilą wprowadzenia pełnej operacyjności systemu GPS zastosowano również dwa rodzaje – wcześniej zapowiadanej – celowej degradacji sygnału satelitów powodującej zmniejszenie dokładności wyznaczeń bezwzględnej pozycji. W ten sposób Ośrodek Dowodzenia ogranicza korzystanie z GPS przez nieupoważnionych użytkowników. I tak „selective availability” (SA) – polega na zniekształceniu poprawki zegarów satelitów GPS i ograniczeniu dokładności

elementów orbit zawartych w sygnale satelitalnym. Natomiast istotą „anti-spoofing” (A-S) jest zaprzestanie emisji kodu precyzyjnego P i zastąpienie go innym tajnym wojskowym kodem Y. Degradacja „selective availability” została decyzją władz amerykańskich zniesiona 2 maja 2000 r. Obecnie emitowany sygnał GPS jest zatem od niej wolny. Oba rodzaje degradacji powodowały znaczne (kilkakrotne) zmniejszenie dokładności określenia pozycji bezwzględnej wyznaczanego punktu. Jeśli natomiast chodzi o pozycję względną, to degradacja „selective availability” miała niewielki wpływ na wyznaczanie różnicy współrzędnych, podczas gdy degradacją „anti-spoofing” obciążone są wszystkie precyzyjne urządzenia GPS z możliwością odbioru kodu P. Najnowsze instrumenty mają jednak specjalne oprogramowanie wewnętrzne pozwalające na obróbkę odbieranego kodu Y. I choć go nie rozumiemy, to wykorzystując pewne wspólne elementy obu kodów, pozwalają osiągnąć taki wynik, jakby pomiar był wykonywany z użyciem kodu P. Stosowane są tu najczęściej metody opracowania sygnału nazywane *cross-corellation* lub *Z-tracking*. Aby w przyszłości uniknąć komplikacji z korzystaniem przez użytkowników cywilnych z istniejącego sygnału wojskowego Y, administratorzy systemu GPS zamierzają wprowadzić dla nich w roku 2006 trzeci sygnał L5 (1176,45 MHz).

CDN.

Prof. Janusz Ślodziński jest pracownikiem naukowym Instytutu Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej



Rys. 4. Struktura sygnału satelitów GPS