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

Czy satelitarny oznacza nawigacyjny?

Bardzo często GPS nazywa się satelitarnym systemem nawigacyjnym. Nie jest to jednak zbyt trafne określenie. Jakie zatem warunki musi spełnić satelitarny system wyznaczania pozycji, aby mógł być uznany za nawigacyjny?

Janusz Śledziński

Trochę nazw i definicji. Znamy już dość dobrze konstrukcję, zasadę działania i niektóre podstawowe zastosowania satelitarnych globalnych systemów wyznaczania pozycji, takich jak GPS czy GLONASS. W literaturze bywają one nazywane GNSS (Global Navigation Satellite Systems), czyli globalnymi satelitarnymi systemami nawigacyjnymi lub po prostu satelitarnymi systemami nawigacyjnymi. Dodajmy, że druga nazwa systemu GPS (Navstar – Navigation Satellites Timing and Ranging, Satelity Nawigacyjne Służące do Pomiaru Czasu i Odległości) też sugeruje, że jest to system nawigacyjny. Czy jednak można go za taki uznać?

System nawigacyjny musi spełniać oczekiwania nawigacji lądowej, morskiej i lotniczej. Najbardziej wymagająca jest ta ostatnia, żądając bardzo wysokich dokładności, nieprzerwanego działania w czasie rzeczywistym i pewności, że otrzymywane sygnały satelitarne są poprawne. Może to zaskoczyć niektórych naszych Czytelników, ale ani GPS, ani GLONASS nie spełniają tych warunków. Obecnie żaden z nich NIE może być uznany za system nawigacyjny.

W tabeli podano dokładności dla różnych zastosowań nawigacji. Zostały one znacznie zgeneralizowane. Szczegółowe standardy dla nawigacji lotniczej i morskiej dostosowano do różnych typowych i nietypowych sytuacji, w jakich należy prowadzić nawigację (np. różne fazy i kategorie lądowania czy warunki meteorologiczne, takie jak mgła lub zachmurzenie).

Ustalone warunki dla systemów nawigacyjnych. System satelitarny, aby mógł być uznany za nawigacyjny, musi gwarantować:

- **Dokładność *(accuracy)*.** GPS nie może zapewnić wymaganej dokładności,

Typowe wymagania dokładnościowe dla wybranych zastosowań nawigacyjnych

Zastosowanie	Żądana dokładność (m)
Nawigacja lądowa	
transport prywatny	50-200
transport publiczny	20-50
służby interwencyjne	5-20
Nawigacja morska	
nawigacja pełnomorska	≥100
nawigacja przybrzeżna	20-100
nawigacja w portach	5-20
Nawigacja lotnicza	
nawigacja w korytarzach powietrznych	≥100
lądowanie (pozycja w poziomie)	5-20
lądowanie (wysokość)	0,5-5

(por. B. Hofmann-Wellenhof, K. Legat, M. Wieser. *Navigation*, Springer Wien, New York, 2003)

szczególnie dla nawigacji lotniczej w fazie lądowania (choć stosuje się w tym przypadku którąś z technik pomiarów różnicowych, np. DGPS). Pewnym rozwiązaniem jest tu zorganizowanie specjalnego systemu LAAS (Local Area Augmentation System).

● **Zdolność natychmiastowego ostrzegania użytkownika o niewłaściwym funkcjonowaniu *(integrity)*.** Jest to jeden z podstawowych warunków – ważnych szczególnie dla lotnictwa cywilnego – których nie spełnia amerykański system. Wprawdzie sygnały poszczególnych satelitów GPS zawierają informację o poprawności ich działania (*satellite health*), ale użytkownik nie jest informowany o poprawności działania całego systemu i ostrzegany, że w danej chwili nie powinno się z niego korzystać. Spełnienie warunku *integrity* jest bardzo trudne i stosuje się do tego dwie metody: tzw. wewnętrzne lub zewnętrzne. Metoda wewnętrzna bywa nazywana RAIM (*receiver autonomous integrity monitoring*). Polega ona na wykorzystaniu pomiarów wykonanych przy użyciu nadliczbowych satelitów i, niestety, nie daje pewnych wyników. Administratorzy systemów satelitarnych rozwijają raczej metody zewnętrzne (*external methods of integrity monitoring*) polegające na kontroli w czasie rzeczywistym sygnału systemu poprzez specjalną sieć stacji naziemnych. Dodatkowym kanałem (*GPS integrity channel GIC*) wysyłany jest do użytkownika GPS niezależny sygnał zawierający informacje *integrity*. Do jego transmisji najczęściej wykorzystuje się satelity geostacjonarne, np. Inmarsat. Innym – przyszłościowym – rozwiązaniem w metodach zewnętrznych będzie łączne wykorzystanie sygnałów systemu GPS i sygnałów pochodzących z niezależnych źródeł, np. pomiarów inercyjnych, Loran C, GLONASS czy Galileo.

● **Nieprzerwane funkcjonowanie *(continuity of service)*.** Warunek ten określa zdolność systemu satelitarnego do zapewnienia żądanego serwisu przez określony czas bez jakichkolwiek przerw. Również i on jest bardzo ważny dla lotniczych zastosowań, szczególnie w fazie startu i lądowania.

● **Dostępność *(availability)*.** Jest to współczynnik wyrażający w procentach czas, w ciągu którego system może być wykorzystywany. Amerykańska organizacja FAA (Federal Aviation Administration) żąda, aby ten czas nie był krótszy niż 99,999% dla nawigacji w korytarzach powietrznych, podczas zbliżania do lotnisk i lądowania oraz dla nadzoru lotniczego.

Aby zapewnić dostępność satelitarnego systemu wyznaczania pozycji i czasu stosuje się różne sposoby. Jednym z nich jest budowanie i rozwijanie systemów wspomagających (*augmentation systems*). I tak, w Stanach Zjednoczonych utworzono WAAS (Wide Area Augmentation System), w Europie działa już EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System), w Japonii powstał system MSAT (Multi-functional Satellite-based Augmentation Service), w Chinach zaś – SNAS (Satellite Navigation Augmentation System). Ich cechą wspólną jest silnie rozbudowana sieć kontrolnych stacji naziemnych, które obserwują wszystkie widoczne satelity GPS (GLONASS), rejestrują wysyłane przez nie sygnały dwuczęstotliwościowe i dane meteorologiczne oraz na ich podstawie wyznaczają precyzyjne poprawki do efemeryd satelitów GPS i poprawkę zegarów satelitów. Poprawki te wraz z sygnałem zawierającym informację *integrity* przesyłane są poprzez satelitę geostacjonarnego do użytkownika.

Wielka idea – GNSS. Widzimy zatem, że sam GPS NIE jest systemem, na którym można oprzeć nawigację (szczególnie lotniczą). Jest on wykorzystywany jedynie jako system wspomagający.

Pozostaje jeszcze wyjaśnić, co obecnie przyjęto rozumieć pod nazwą GNSS (Global Navigation Satellite System). Wszak kilkanaście lat temu nazwę tę stosowano również dla systemów GPS czy GLONASS. Jednak w roku 1991 ICAO (International Civil Aviation Organization) ustaliła, że nazwą tą będzie określany podstawowy system przyjęty oficjalnie jako nawigacyjny dla całego globu obowiązujący w XXI wieku. Z naszych rozważań zawartych w tym odcinku *Alfabetu* wynika, że GNSS nie ogranicza się jedynie do wyznaczania pozycji na podstawie jakiegoś systemu satelitarnego, lecz musi również spełniać wszystkie wyżej omówione warunki, tj. zapewniać właściwą dokładność, nieprzerwane funkcjonowanie, dostępność i posiadać zdolność do ostrzegania o niewłaściwym działaniu. Niekiedy spotkać można również terminy GNSS-1 i GNSS-2. Są to kolejne przybliżenia budowy GNSS. GNSS-1 oparty jest na obecnym systemie satelitarnym GPS lub GLONASS uzupełnionym dodatkowo przez systemy wspomagające. Natomiast GNSS-2 odnosi się do systemu nawigacyjnego opartego na bardziej zaawansowanych satelitach i spełniającego podane warunki. Będą to satelity GPS IIF, a także wszystkie satelity europejskiego systemu Galileo.

PROF. JANUSZ ŚLEDZIŃSKI
JEST PRACOWNIKIEM NAUKOWYM INSTYTUTU
GEODEZJI WYŻSZEJ I ASTRONOMII
GEODEZYJNEJ POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ