

Systemy satelitarne wykorzystywane w nawigacji

Transit

System TRANSIT był pierwszym systemem satelitarnym o zasięgu globalnym.

Navy Navigation Satellite System – NNSS, stworzony i rozwijany w latach 1958 - 1962 przez Laboratorium Fizyki Stosowanej (Applied Physics Laboratory - APL) Uniwersytetu Johnsa Hopkinsa.

W roku 1967 został udostępniony użytkownikom cywilnym.

Transit był przez 35 lat (do 31 grudnia 1996) używany do dokładnej, niezależnej od pogody nawigacji morskiej.

Transit

Zasada wyznaczania pozycji opierała się na integrowaniu pomiarów częstotliwości dopplerowskiej. Odbierając sygnał z satelity i mierząc przesunięcia częstotliwości wywołane efektem Dopplera określano różnice odległości dzielące punkt odbiorczy od dwóch kolejnych pozycji satelity.

Do wyznaczenia linii pozycyjnej niezbędne były współrzędne satelity (efemerydy) transmitowane przez satelitę.

Satelity emitowały sygnały na częstotliwościach 150 MHz i 400 MHz. Ich dane były uaktualniane dwa razy dziennie, przy okazji odbioru danych telemetrycznych przez stacje kontrolne. Dokładność systemu była stopniowo polepszana od 900 m w roku 1962, 185 m w 1969, do 36 metrów w roku 1971.

Ze względu na ilość satelitów i metodę wyznaczania linii pozycyjnych, pozycję można było otrzymać tylko kilka razy na dobę.

Transit

Zastosowania:

- nawigacja morską,
- pomoc geodezyjna,
- źródło częstotliwości wzorcowej.

System nie nadawał się do nawigacji lotniczej ze względu na długi czas pomiaru przy metodzie analizy częstotliwości Dopplera (wymagane było, aby średni czas oczekiwania na obserwację satelity nie przekraczał czterech godzin). Czas pomiaru wynosił od 6 do 18 minut. Oprócz tego przelicznik wymagał wprowadzenia danych o prędkości i wysokości anteny odbiorczej nad poziomem morza.

Transit

Przy tworzeniu systemu *Transit* opracowano wiele nowych technologii, m.in. stabilizacji częstotliwości, synchronizacji odbiornika z zegarem satelity za pomocą danych efemerycznych, czy kontroli i korekcji działania układów nawigacyjnych satelity przez naziemne stacje kontrolne (sieć NAVSOC - *Naval Satellite Operations Center*).

Pełna konstelacja satelitarna składała się z sześciu satelitów. Najpierw był to typ *Oscar*, później *Nova* i ulepszony *Oscar* - SOOS (*Stacked Oscars On Scout*), czyli dwa satelity Oscar wynoszone jedną raketą *Scout*. Ostatnie dwa satelity konstelacji *Transit*, SOOS-4, zostały wysłane w sierpniu 1988.

W maju 1967 roku marynarka USA umieściła na orbicie pierwszego satelitę serii TIMATION. Projekt TIMATION od 1973 roku połączony z projektem systemu USAF 621B dał początek projektowi DNSS (*Defense Navigation Satellite System*). Trzeci satelita DNSS był demonstratorem systemu GPS (*Global Positioning System*).

Cykada

W Rosji opracowano i uruchomiono dwa systemy nawigacji satelitarnej, zbliżone koncepcyjnie do systemu Timation:

- wojskowy *Cykada-M*
- cywilny *Cykada*

Działanie systemu opierało się na pomiarze dopplerowskiego przesunięcia sygnału radiowego, emitowanego przez satelity. Używano częstotliwości 150 i 400 MHz. Uzyskiwano dokładność wyznaczania położenia rzędu 100 m, ale należy przypuszczać, że w normalnych warunkach powtarzalne pomiary były obarczone znacznie większym błędem ze względu na niezbyt dokładne kwarcowe wzorce czasu.

Cykada-M

Najpierw uruchomiono wojskowa część systemu, Cykada-M, z satelitami *Parus* (żagiel).

Konstelacja liczyła sześć satelitów, umieszczonych po jednym na orbitach kołowych co 30 stopni.

Cykada

Cywilne ogniwo systemu składało się z czterech satelitów, rozmieszczonych co 45 stopni, w ten sposób, że nie dublowały wojskowych, lecz je uzupełniały.

Różnice między systemem wojskowym a cywilnym sprowadzały się właściwie do tego, że satelity *Parus* były wymieniane częściej niż cywilne.

Ostatnie satelity cywilne należą do typu *Nadieżda*, który oprócz Cykady przenosi także transponder systemu poszukiwawczo - ratowniczego KOSPAS.

Cykada

Odbiorniki systemu Cykada były stosowane głównie na okrętach. Podstawowym typem był odbiornik *Szkuna*, obecny do dziś na wielu rosyjskich statkach i zapewne na starszych atomowych okrętach podwodnych. O zastosowaniach lotniczych niewiele wiadomo, ale z pewnością *Cykady* używały samoloty zwiadowcze dalekiego zasięgu.

Cykada zapewne działa do dziś. Ostatnim wystrzelonym satelitą był Kosmos 2230 (Nadieżda 4), umieszczony na orbicie 14 stycznia 1995. Satelita ten prawdopodobnie już nie działa, ponieważ nie jest wykazywany w spisie aktywnych satelitów KOSPAS. Nadieżda-5, wystrzelona 10 grudnia 1998, najprawdopodobniej nie ma już nadajników Cykady.

GPS

W 1979 r. została zatwierdzona koncepcja programu NAVSTAR/GPS, którego zasada działania miała opierać się na pomiarze odległości od satelitów. Podobnie jak system TRANSIT, system GPS (Global Positioning System) został głównie stworzony dla potrzeb militarnych.

Działanie systemu jest oparte na wyznaczaniu odległości między odbiornikiem a satelitami.

- Dla wyeliminowania błędów satelitarnych i wpływu zakłóceń, a także w celu ominięcia ograniczeń dokładności w sygnałach GPS dostępnych dla lotnictwa cywilnego, stworzono system korekcji, określany jako różnicowy GPS (DGPS - Differential GPS).

GPS

Opracowując system przyjęto następujące wymagania:

- Działanie całodobowe
- Dostępność w każdym miejscu na powierzchni Ziemi
- Zachowanie parametrów bez względu na warunki atmosferyczne
- Odporność na celowe zakłócenia
- Odporność na celowe zniekształcenia
- Dokładność określania:
pozycji $\text{rms} = 10\text{m}$, Prędkości 0.1 m/s , Czasu $t < 1 \mu\text{s}$
- Odbiornik bierny, nie emitujący żadnych sygnałów
- Niskie koszty korzystania z systemu.

Założenia spełniono w wyniku zastosowania odpowiednich rozwiązań technicznych i organizacyjnych.

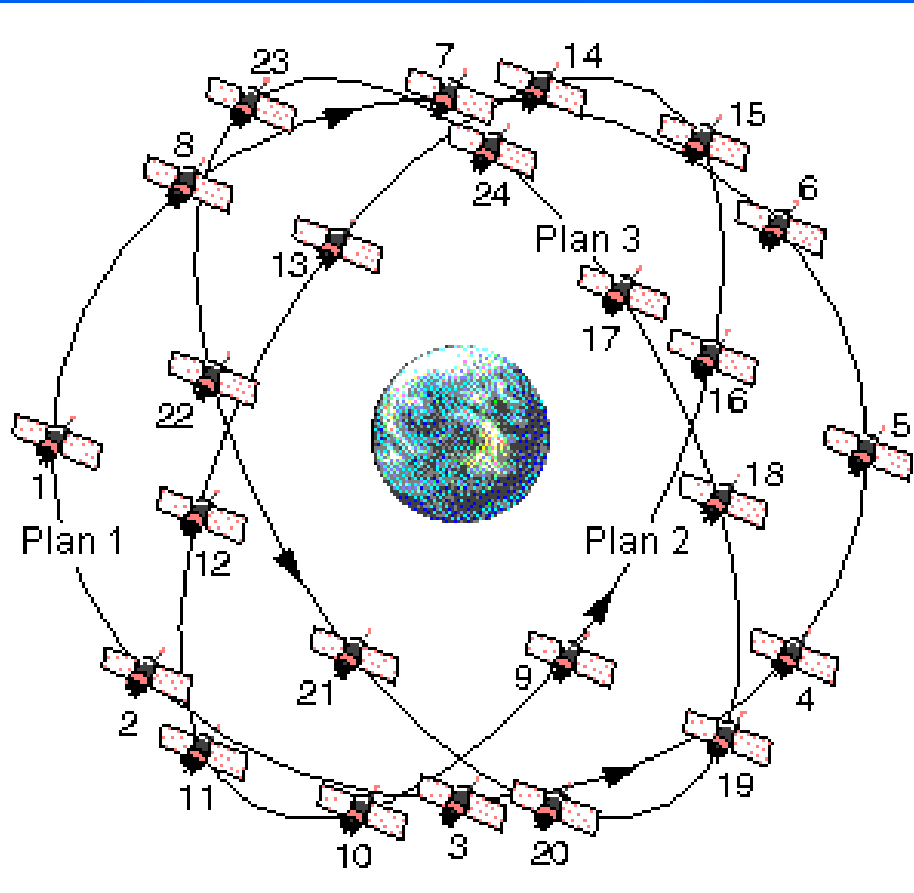
Glonass

System GLONASS (GLObal Navigation Satellite System lub Globalnaja Nawigacjonnaja Satelitarnaja Sistemma) jest rosyjskim odpowiednikiem systemu GPS. Oba systemy działają na zasadzie biernego pomiaru odległości między odbiornikiem a satelitami.

System tworzą trzy segmenty:

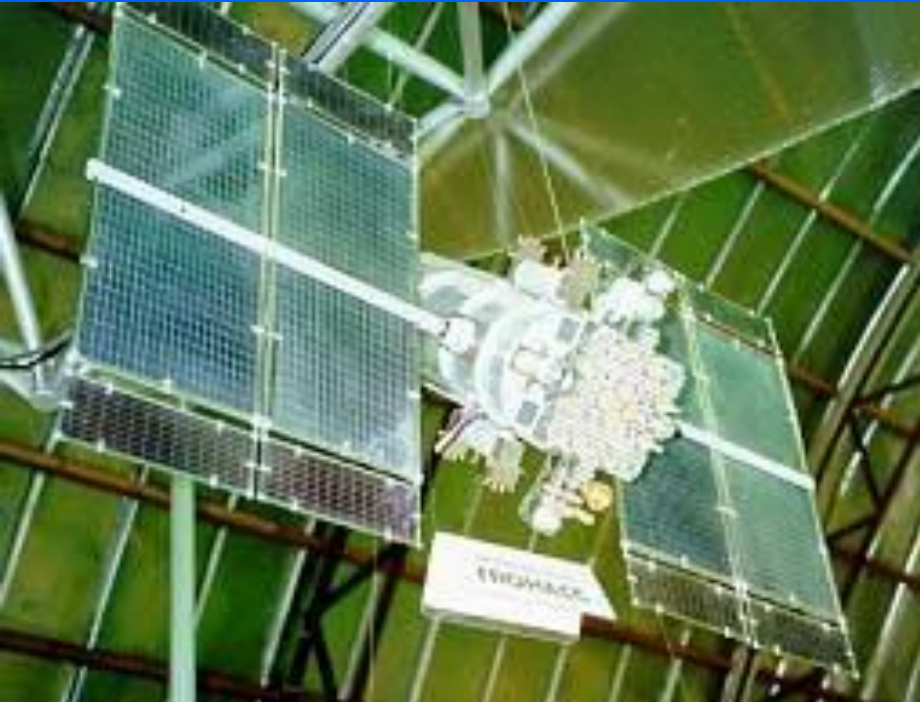
- kosmiczny
- kontroli
- użytkownika

Glonass



Docelowa konstelacja 24 satelitów GLONASS rozmieszczona jest na trzech planach (płaszczyznach) orbitalnych nachylonych do równika pod kątem 65.8° . Wysokość orbit wynosi 19100 km.

Glonass



Segment orbitalny systemu tworzą satelity Kosmos, produkowane przez Zjednoczenie Naukowo - Produkcyjne Mechaniki Stosowanej *Poljot*. Wiadomo o czterech seriach satelitów, ale niektóre źródła wymieniają aż 26 odmian. Pierwsze, serii Ia, ważyły 12250 kg i miały żywotność rzędu 1 roku. Później produkowane satelity II W *Uragan* wyposażone w zegary cezowe, ważą 1400 kg i mają działać około 4 lat. Ich baterie słoneczne mają moc 1.6 kW. Rakieta nośna *Proton* zabiera jednorazowo trzy satelity.

Glonass

Segment kontrolny jest funkcjonalnie zbliżony do GPS, z tym, że znajduje się w całości na terytorium dawnego Związku Sowieckiego. Główna stacja kontrolna jest w Golicyno koło Moskwy. Stacje monitorujące znajdują się w St. Petersburgu, Ternopolu, Jenisiejsku i Komsomolsku nad Amurem. Niezależnie w Niemczech działa stacja monitorująca Neustrelitz.

Glomass

Odbiorniki GLONASS produkcji rosyjskiej są przeważnie typami wojskowymi lub okrętowymi. Produkcja cywilnych odbiorników 12 lub 24-kanałowych jest dopiero przygotowywana. Odbiorniki uniwersalne (dla GPS i GLONASS) są produkowane przez niektórych producentów zachodnich: 3S Navigation R100/30T, Ashtech Z18 i inne.