

Grzegorz GRUNWALD¹
Adam CIEĆKO¹
Stanisław OSZCZAK¹

WYKORZYSTANIE SERWISÓW SYSTEMU ASG-EUPOS DO WYZNACZENIA TRAJEKTORII LOTU SAMOŁOTU

Zwiększenie dokładności wyznaczania pozycji poruszającego się samolotu możliwe jest dzięki wykorzystaniu techniki różnicowego GPS (DGPS). System ASG-EUPOS umożliwia realizację tego zadania za pomocą serwisów KODGIS i NAWGIS. Badano działanie systemu przy różnych prędkościach i wysokościach poruszających się obiektów. Szczególny nacisk położono na pracę odbiorników oraz systemu w trakcie wykonywania gwałtownych i szybkich manewrów. Wyniki badań oparto na licznych analizach działania systemu ASG-EUPOS oraz samego systemu GPS w trudnych warunkach pomiarowych. Podczas opracowywania wyników testów brano pod uwagę wiarygodność otrzymanych wyników oraz stabilność działania i ciągłość pracy serwisów.

UTILIZATION OF ASG-EUPOS' SERVICES FOR DETERMINATION OF AIRCRAFT'S TRAJECTORY

The accuracy of positioning of an aircraft during the flight can be improved with the aim of the differential GPS (DGPS). The ASG-EUPOS system offers this through KODGIS and NAWGIS services. Performance of the system has been investigated during flights with varied velocity and height. Authors put special attention on operation of receivers and system during rapid and fast actions. The results of tests are based on many analysis of ASG-EUPOS and GPS system in difficult conditions of measurement. The integrity, accuracy and continuity of services was investigated during the research.

1. WSTĘP

W przeciągu kilku ostatnich lat można było zaobserwować wzrost popularności różnorodnego zastosowania systemów GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Bardzo dużą rolę odegrały próby wdrożenia technik satelitarnych w lotnictwie. Rozwiązania takie niestety nie cieszą się zbyt dużą popularnością ze względu na niską

¹Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, 10-724 Olsztyn, ul. Heweliusza 5. tel. (089) 523-34-81, fax (089) 523 47 23.

wiarygodność i stabilność pracy systemów (jak na wymagania lotnictwa). Dlatego problem ten stał się przedmiotem licznych badań i testów. Przełomem w zastosowaniu GNSS w Polsce było niewątpliwie uruchomienie 2 czerwca 2008 roku systemu ASG-EUPOS, który umożliwia szybsze i dokładniejsze pozycjonowanie zarówno w czasie rzeczywistym jak i w trybie post-processing. Pozycjonowanie w czasie rzeczywistym, które potencjalnie mogłoby mieć zastosowanie w lotnictwie, odbywa się poprzez odbiór korekt i surowych danych obserwacyjnych modelowanych, bądź pochodzących bezpośrednio z fizycznych i wirtualnych stacji referencyjnych. Dane transmitowane poprzez protokół internetowy NTRIP ((Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) zazwyczaj dostarczane są do odbiornika za pomocą technologii GSM/GPRS, w związku czym praca odbiornika musi się odbywać w zasięgu pracy tych urządzeń. Loty statkami powietrznymi niewątpliwie należą do trudnych warunków pomiarowych, będąc zarazem przedmiotem badań wykonanych w ramach niniejszej pracy.

2. DGPS

DGPS (Differential Global Positioning System) jest systemem różnicowym, którego zasada działania polega na wykorzystaniu stacji referencyjnej do określenia błędów mierzonych pseudoodległości do satelitów i przesłaniu ich w postaci poprawki do użytkownika systemu. Współrzędne anten stacji referencyjnych są precyzyjnie wyznaczone, zatem różnice pomiędzy pseudoodległością, a odległością rzeczywistą, noszące nazwę błędów pomiaru pseudoodległości, mogą zostać wyznaczone.

Bibliografia [5]

3. ZAŁOŻENIA SYSTEMU ASG-EUPOS

System ASG-EUPOS jest częścią międzynarodowego projektu o nazwie EUPOS (European Position Determination System), będącego wielofunkcyjnym systemem precyzyjnego pozycjonowania i nawigacji. Nad poprawnością funkcjonowania przedsięwzięcia czuwają:

- Międzynarodowy Komitet Sterujący - (International EUPOS Steering Committee),
- Biuro Międzynarodowego Komitetu Sterującego (ISCO) w Berlinie,
- Narodowe Centra Serwisu EUPOS – (National EUPOS Service Centres).

Sieć ASG-EUPOS stanowiąca kontynuację systemu ASG-PL została stworzona w oparciu o sieć stacji referencyjnych GNSS rozlokowanych na terenie kraju. Na cały system składa się:

- 84 stacji z modułem GPS,
- 14 stacji z modułem GPS/GLONASS,
- 22 stacje zagraniczne.

Poprawność pracy systemu nadzorują krajowe centra zarządzające znajdujące się w Warszawie i Katowicach. Praca systemu ASG-EUPOS bazuje na trzech serwisach, które udostępniają korekty różnicowe (NAWGEO, NAWGIS i KODGIS), serwisie udostępniającym obserwacje satelitarne - POZGEO-D oraz serwisie POZGEO dokonującym obliczeń w post-processing'u.

Serwisy NAWGEO, NAWGIS i KODGIS działające w czasie rzeczywistym przesyłają dane dostępne pod wskazanymi adresami IP i portami komunikacyjnymi.

Serwis POZGEO umożliwia przesyłanie danych obserwacyjnych w formacie RINEX na serwer, gdzie wykonywane są obliczenia przesyłane zwrótnie do użytkownika w postaci pliku wynikowego zawierającego realizację państwowego systemu odniesień przestrzennych. Tabela 1. zawiera krótką charakterystykę poszczególnych serwisów.

Tab.1. Serwisy Systemu ASG-EUPOS

SERWISY CZASU RZECZYWISTEGO				
Serwis	Metoda pomiaru	Dokładność zakładana	Format	Odbierany sygnał
NAWGEO	RTK	0,03m pozioma / 0,05m pionowa	RTCM SC-104 wersja 2.3 i 3.0	L1/L2
KODGIS	DGPS	< 0,5m	RTCM SC-104 wersja 2.1	L1
NAVGIS	DGPS	1m - 3m	RTCM SC-104 wersja 2.1	L1
SERWISY TRYBU POST-PROCESSING				
POZGEO	post-processing	0,01m pozioma/ 0,03m pionowa	RINEX 2.x	L1, L1/L2
POZGEO-D	post-processing	RINEX 2.x	L1, L1/L2	

Zasady pracy poszczególnych serwisów zostały zaczerpnięte z systemów należących do EUPOS, które uruchomiono jako pierwsze w Europie. Prekursorem działania ASG-EUPOS był niemiecki system SAPOS, który oficjalnie rozpoczął swe działanie w roku 1998.

Bibliografia [1,2,6]

4. SERWISY KODGIS I NAWGIS

4.1 Koncept wirtualnej stacji referencyjnej

Najbardziej popularną realizacją sieciowego DGPS jest VRS (wirtualna stacja referencyjna) powstała na potrzeby niemieckiego systemu SAPOS. Zasada jego działania opiera się na wyznaczeniu obserwacji pochodzących z wirtualnej stacji referencyjnej przy użyciu danych pochodzących z sieci fizycznych stacji. Takie rozwiązanie daje możliwość redukcji błędów systematycznych stacji referencyjnych oraz zwiększenia odległości między stacjami, a odbiornikiem ruchomym. Warunkiem koniecznym zastosowania takiego rozwiązania jest znajomość przybliżonej pozycji odbiornika ruchomego przesłanej do centrum kontrolnego w formacie NMEA (National Marine Electronics Association) za pomocą wiadomości nr 59 standardu transmisji danych GNSS - RTCM (Radio Technical Commission for Maritime). Zasada działania serwisu czasu rzeczywistego KODGIS wchodzącego w skład systemu ASG-EUPOS odpowiada opisanym w tym fragmencie rozwiązaniom.

Bibliografia [4]

4.2 Koncept wirtualnej komórki referencyjnej

Wirtualna komórka referencyjna (VRC) jest kolejnym zastosowaniem sieciowego DGPS. Na uwagę zasługuje fakt, iż modele korekt nie są tu wyznaczane oddzielnie dla każdego użytkownika, lecz dla poszczególnych komórek siatki wydzielonych w obszarze działania systemu. Każdy odbiornik pracujący w zakresie pracy serwisu jest przyporządkowany do poszczególnej komórki, przy czym nie jest wymagane, aby dane o przybliżonym położeniu odbiornika były przesyłane do centrum kontrolnego. System nie posiada ograniczeń co do ilości użytkowników korzystających z niego, ani wymogów co do posiadania dwukierunkowego łącza komunikacyjnego. Jednak dokładności jakie można uzyskać techniką VRC są mniejsze od tych uzyskiwanych za pomocą VRS. Opisanym założeniom odpowiada struktura działania serwisu NAWGIS należącego do systemu ASG-EUPOS.

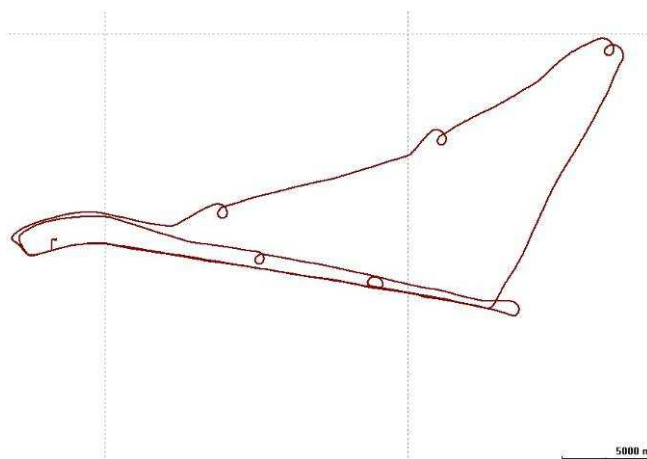
Bibliografia [4]

5. WYZNACZASIE TRAJEKTORII LOTU PRZY UŻYCIU ASG-EUPOS

W celu wykonania badań przeprowadzono testy z wykorzystaniem odbiorników GPS Thales MobileMapper oraz Topcon HiperPro umieszczonych w kabinie pilota samolotu Cessna. Loty odbyły się w Radomiu i Dęblinie odpowiednio w dniu 7.11.2008 roku oraz 1.06.2010 roku.

5.1 Testy - Radom

W dniu 7.11. 2008 roku odbyły się dwa loty testowe:
Lot 1 odbył się na trasie Radom – Zwoleń – Garbatka Letnisko – Radom – Zwoleń – Radom, natomiast lot 2 na trasie Radom – Gózd – Radom + kręgi w okolicy miejscowości Gózd + powtórka trasy. Rysunek 1 przedstawia zarejestrowaną trajektorię trasy testowej lotu 1.



Rys.1. Zarejestrowana trajektoria lotu 1

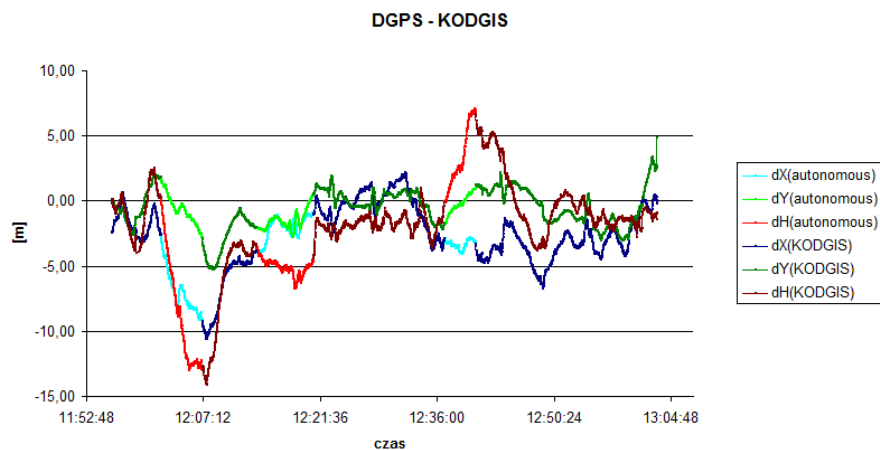


Rys.2. Umieszczenie odbiorników GNSS w kabinie pilota

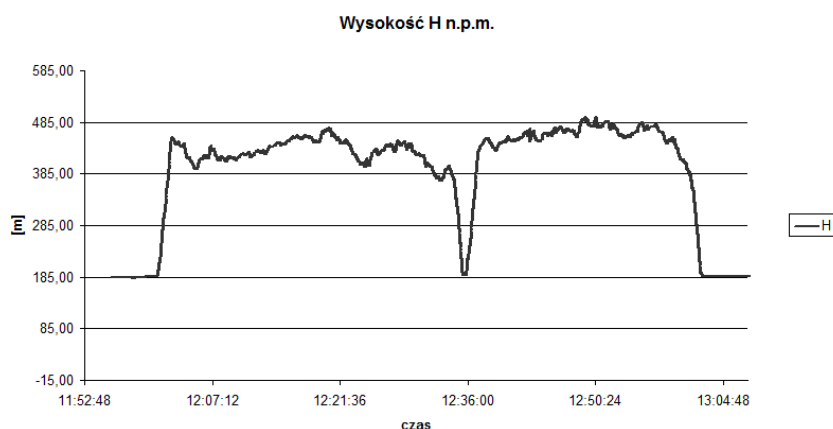
Rysunek 2 przedstawia miejsce zamontowania odbiorników GNSS na pokładzie samolotu. Dane pomiarowe rejestrowano z interwałem 1 s. Badane pozycje odbiorników mobilnych Thales MobileMapper uzyskane za pomocą systemu ASG-EUPOS porównywano z pozycjami kinematycznymi wyznaczonymi w trybie post-processing dzięki stacjom referencyjnym (znajdującym się na terenie lotniska w Radomiu) o znanych współrzędnych wyznaczonych w układzie ETRF'89.

Podczas lotu 1 badano dokładność i stabilność funkcjonowania serwisu KODGIS, natomiast podczas lotu 2 – serwisu NAWGIS, uruchomionego poprzez wdrożenie danych RTCM pochodzących z ruchomego modułu GSM/GPRS/EDGE - IGTS-R. Zarejestrowane dane opracowano w oprogramowaniu MobileMapper Office, a następnie porównano z pozycjami odniesienia uzyskanymi techniką RTK (Real Time Kinematic) z trybie post-processing za pomocą niezależnych obliczeń w oprogramowaniu AOSS v. 2.0 (Ashtech Office Suite for Survey) firmy Ashtech. Dokładność wyznaczonych współrzędnych odniesienia kształtuje się na poziomie kilku centymetrów, co w zupełności spełnia wymagania.

Wykres 1 zawiera różnice między współrzędnymi odpowiednio X,Y oraz wysokościami H wyznaczonymi w trybie post-processing odbiornikiem HiperPro oraz zarejestrowanymi przez odbiornik Thales odbierającym dane z serwisu KODGIS. Natomiast wykres 2 przedstawia zmiany wysokości poruszającego się obiektu w czasie trwania lotu 1.



Wykres 1. Badanie dokładności oraz stabilności serwisu KODGIS (lot 1)

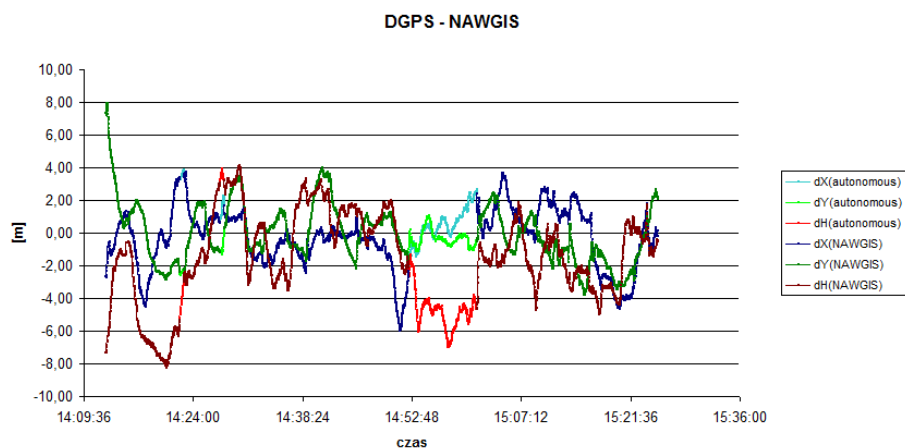


Wykres 2. Zmiany wysokości poruszającego się samolotu w czasie trwania lotu 1

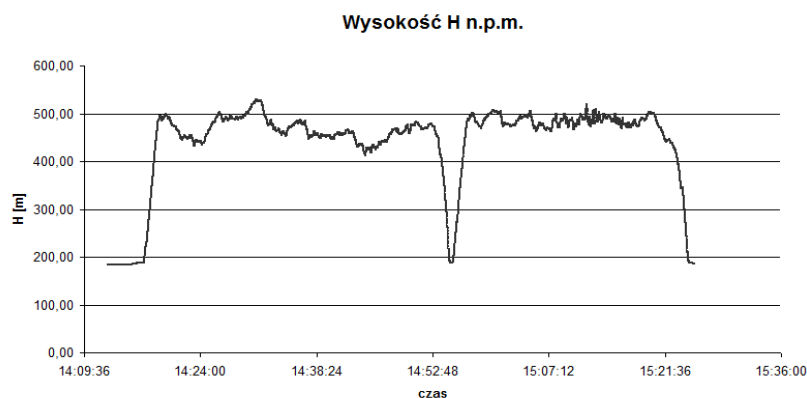
Na podstawie powyższych wykresów można zaobserwować zakłócenia pracy systemu po wykonywaniu gwałtownych zmian wysokości poruszającego się obiektu (start i podejście do lądowania). W tym czasie dane z serwisu KODGIS nie były odbierane przez odbiornik, co się wiąże z brakiem poprawy pozycji autonomicznej, a nawet z jej znacznym pogorszeniem. Dokładności pozycji jak i wysokości jakie uzyskano poprzez zastosowanie serwisu kształtują się na poziomie kilku metrów z wyjątkami momentów podczas trudnych warunków pomiarowych (błędy rzędu kilkunastu metrów).

Podczas lotu 2 zbadano poprawność pracy serwisu NAWGIS i porównano wyniki pozycjonowania z jego użyciem z pozycjami odniesienia wyznaczonymi w trybie RTK

post-processing. Wykresy 1 oraz 2 przedstawiają rezultaty zestawień.



Wykres 3. Badanie dokładności oraz stabilności serwisu NAWGIS (lot 2)

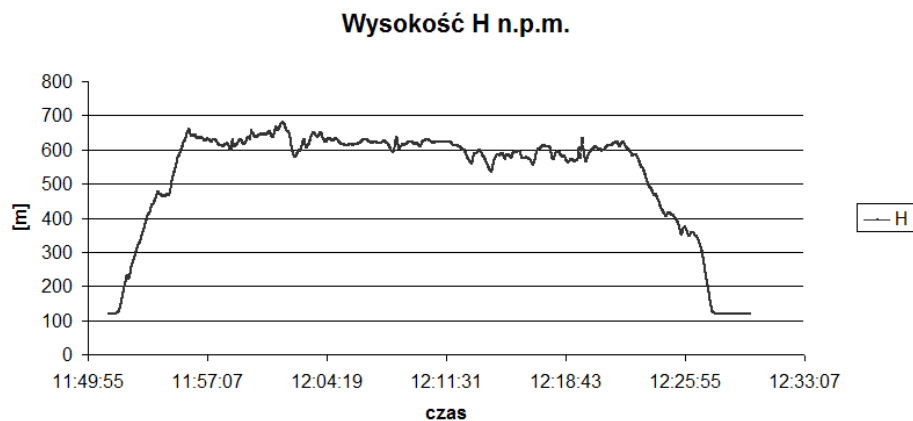


Wykres 4. Zmiany wysokości poruszającego się samolotu w czasie trwania lotu 2

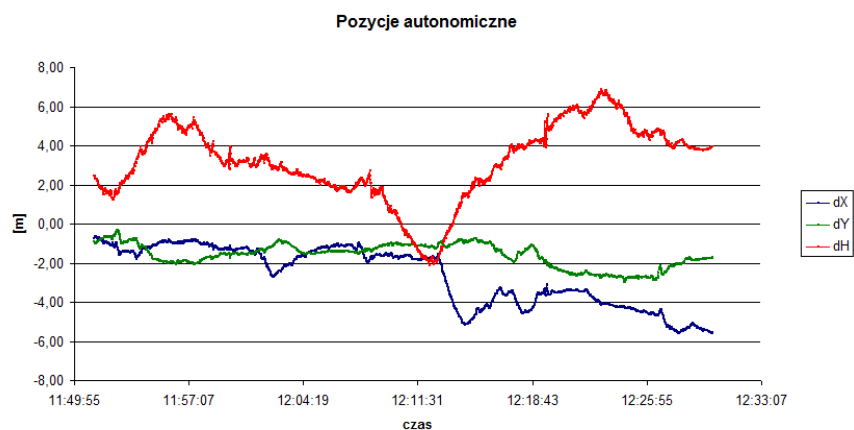
Na podstawie danych zarejestrowanych i opracowanych na podstawie lotu 2, można również zauważyć zakłócenia w funkcjonowaniu serwisu w związku z dokonywaniem zmian wysokości samolotu. Dokładności jakie tym razem uzyskano są porównywalne z tymi, jakie uzyskano podczas lotu 1.

5.2 Testy - Dęblin

W dniu 1.06.2010 wykonano lot testowy z lotniska w Dęblinie z wykorzystaniem 2 odbiorników Thales działających w trybie autonomicznym oraz trybie ASG-EUPOS (dane



Wykres 6. Zmiany wysokości poruszającego się samolotu w czasie trwania lotu



Wykres 7. Badanie dokładności wyznaczania pozycji metodą autonomiczną

Z przedstawionych zestawień można wywnioskować iż, serwis KODGIS przez dłuższy czas lotu utrzymywał bardzo dobrą, jak na trudne warunki pomiarowe, dokładność oraz stabilność pracy. Wyraźnie można zauważyć moment, w którym odbiornik przestał otrzymywać korekty z modułu GSM. W rozpatrywanym przypadku pozycje poziome, a szczególnie wysokości wyznaczone za pomocą serwisu KODGIS, charakteryzują się nieznacznie lepszą dokładnością od tych wyznaczanych autonomicznie.

6. WNIOSKI

Na podstawie analizy wyników przeprowadzonych testów można zauważyć, iż w każdym z badanych przypadków dane pochodzące z serwisów systemu ASG-EUPOS są czasowo niedostępne dla odbiornika. Wiąże się to z trudnymi warunkami pomiarowymi, jakimi niewątpliwie są loty wykonywane na różnych wysokościach, z różnymi prędkościami. Jednak można zauważyć, iż błędy pomiarowe, jakimi charakteryzują się zarejestrowane dane są rzędu kilku metrów (maksymalnie kilkanaście metrów), co odpowiada wymaganiom nieprecyzyjnych procedur nawigacji lotniczej RNAV. Loty przy nawigacyjnym wykorzystaniu systemu ASG-EUPOS nie muszą odbywać się w zasięgu fizycznej stacji GNSS, lecz są zależne od zasięgu sygnału GSM/GPRS, który nie jest dedykowany lotnictwu. Zasięg telefonii komórkowej kończy się na wysokości ok. 500 metrów co znacznie ogranicza wykorzystanie tego systemu w lotnictwie. Rozwiązaniem problemu zasięgu może być uruchomienie stacji lokalnej VHF, która połączona z Internetem retransmituje korekcie ASG-EUPOS do samolotu.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bosy J., Graszka W., Leończyk M.: *Aktywna Sieć Geodezyjna Eupos jako element składowy państwowego systemu odniesień przestrzennych*, Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 2008.
- [2] Engfeldt A.: *Network RTK in Northern and Central Europe*, Lantmäteriet, Utgava 2005.
- [3] Jin X.: *Algorithm for carrier-adjusted DGPS positioning and some numerical results*, Springer-Verlag, Berlin, Niemcy, 1997.
- [4] Retscher G.: *Accuracy Performance of Virtual Reference Station (VRS) Networks*, Journal of Global Positioning Systems 2002.
- [5] Specht C.: *System GPS*, Bernardinum, Pelplin, 2007.
- [6] http://www.asgeupos.pl/plain_site/informacje/do_pobrania/materialy_promocyjne 2009.01.22.