

Adam CIEĆKO <sup>1</sup>  
Grzegorz GRUNWALD <sup>1</sup>  
Stanisław OSZCZAK <sup>1</sup>

### ZASTOSOWANIE SYSTEMU EGNOS DO WDRAŻANIA GNSS W POLSKIM LOTNICTWIE

*Wykorzystanie systemu GNSS (Global Navigation Satellite System) w lotnictwie jest możliwe jedynie w połączeniu z systemem poprawiającym wiarygodność oraz dokładność pozycjonowania autonomicznego. Jednym z takich systemów jest, szeroko dostępny i bezpłatny, europejski system EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). System EGNOS jest obecnie w końcowej fazie testów i powinien osiągnąć pełną operacyjność na początku marca 2011 roku. Niestety w Polsce, a w szczególności w jej wschodniej części, ze względu na obecne rozmieszczenie stacji RIMS, działanie systemu może nie spełniać gwarantowanych na zachód od Wisły parametrów. Decyzja o tym czy na danym obszarze system spełnia wymagane parametry, może być wydana po serii prób i testów. Do tego celu stosuje się specjalistyczne oprogramowanie PEGASUS (Prototype EGNOS and GBAS Analysis System Using SAPPHIRE). Tego typu szczegółowe testy planuje się przeprowadzić w Olsztynie, w ramach opracowania procedur lotów przy wykorzystaniu nawigacji obszarowej RNAV na terenie lotniska należącego do Aeroklubu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.*

### THE APPLICATION OF EGNOS IN GNSS IMPLEMENTATION IN POLISH AVIATION

*Today usage of GNSS (Global Navigation Satellite System) in aviation is possible only using external services which can improve integrity and accuracy of autonomous positioning. One of such systems is European EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). EGNOS is currently in the final stage of getting "Full Operation Capability – FOC", which is expected in the beginning of March 2011. Unfortunately in Poland, especially in eastern part, the proper operation of system is uncertain, which is directly caused by present RIMS stations configuration. Decision about whether the system meets expectations for relevant area can be made after series of tests. Specialist software – PEGASUS (Prototype EGNOS and GBAS Analysis System Using SAPPHIRE) can be used to reach this aim. That kind of detailed tests is planned to be carried out in the frame of development of area navigation (RNAV) procedure at the Warmia and Mazury Aeroclub airport in Olsztyn.*

---

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

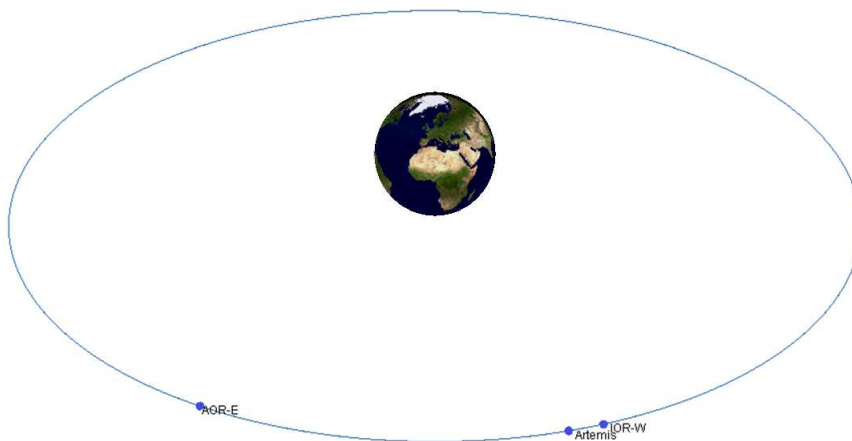
## 1. WSTĘP

Możliwości zastosowania nawigacji satelitarnej zwiększają się niemal każdego dnia. Możemy je zaobserwować niemal już w każdej dziedzinie gospodarki. Coraz częściej również znajdują one zastosowanie w systemach odpowiedzialnych za ludzkie bezpieczeństwo i życie. Przykładem wdrażania tych technologii jest niewątpliwie nawigacja lotnicza. Poprzez użycie GNSS (Global Navigation Satellite System) możliwa jest wiarygodna i dokładna nawigacja statku powietrznego w czasie lotu jak i w trakcie startu oraz podejścia do lądowania. Wykorzystanie wyżej opisanych możliwości w lotach wymaga jednak certyfikacji użytych do tego celu urządzeń oraz systemów z nimi współpracujących.

## 2. BUDOWA EGNOS

EGNOS jest systemem wchodzącym w skład SBAS (Satellite Based Augmentation System), który swym działaniem wspiera funkcjonowanie Globalnych Systemów Nawigacji Satelitarnej. Nadzór nad poprawnym funkcjonowaniem systemu sprawuje ESA (European Space Agency) oraz EUROCONTROL. Jego działanie polega na transmitowaniu poprawek różnicowych przez satelity geostacjonarne oraz informowanie o awariach systemu GPS (Global Positioning System), a w przyszłości także systemów Galileo i GLONASS. Dzięki temu możliwe jest zwiększenie dokładności, a przede wszystkim wiarygodności dostarczanych danych nawigacyjnych. Dnia 1 października 2009 roku został uruchomiony „Serwis Otwarty” systemu EGNOS, jednak do dnia dzisiejszego nie uzyskał on pełnej operacyjności oraz oficjalnej certyfikacji w lotnictwie. Pełna operacyjność jest spodziewana na początku marca 2011 roku, co pozwoli na oficjalne zastosowanie EGNOS oraz systemów GNSS w lotniczej nawigacji obszarowej (RNAV).

Na system EGNOS składają się: segment kosmiczny (w jego skład wchodzi 3 satelity geostacjonarne działające w zasięgu Europy), segment naziemny (składający się z 34 stacji pomiarowo-obszernych RIMS) oraz segment użytkowników.

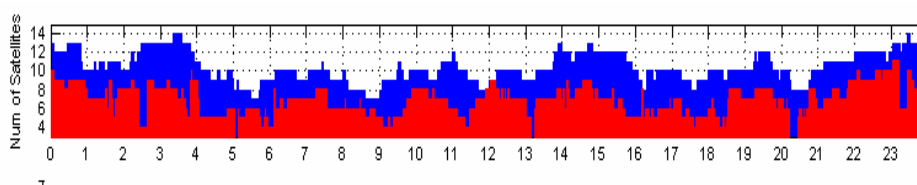


Rys.1. Satelity geostacjonarne systemu EGNOS.

Rysunek 1 przedstawia 3 satelity geostacjonarne (Artemis, AOR-E oraz IOR-W) transmitujące poprawki różnicowe.

Stacje kontrolne MCC (Mission Control Center) przetwarzają dane otrzymane ze stacji RIMS w celu wyznaczenia poprawek różnicowych. Warunkiem jaki musi zostać spełniony, aby poprawka dla danego satelity została wyznaczona jest konieczność jego obserwacji przez minimum 3 stacje RIMS. [2]

Satelity obserwowane we wschodniej części Polski mogą nie posiadać poprawek różnicowych ze względu na brak stacji RIMS na wschód od Warszawy (jedna z nich znajduje się w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie). Rysunek 2 przedstawia liczbę wszystkich widocznych satelitów oraz liczbę satelitów z poprawkami EGNOS w Warszawie.



Rys. 2. Liczba satelitów z poprawkami EGNOS (kolor czerwony) oraz liczba wszystkich widocznych satelitów (niebieski) w Warszawie - (L. Jaworski).

Polska od kilku lat zabiega o budowę stacji RIMS na Ukrainie, ponieważ transmitowane poprawki tylko do części satelitów powodują pogorszenie dokładności wyznaczenia pozycji.

System EGNOS charakteryzują następujące parametry:

- dokładność (wielkość błędu wyznaczenia pozycji obiektu),
- wiarygodność (poziom zaufania do informacji dostarczonych przez system) – parametr najważniejszy z punktu widzenia lotnictwa,
- ciągłość (prawdopodobieństwo, że dane o wymaganej wiarygodności i dokładności będą dostarczane przez zadany czas),
- dostępność (prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy systemu w każdej chwili).

W ramach systemu EGNOS wyróżniamy następujące serwisy:

- Serwis Otwarty (zapewnia bezpłatny i powszechny dostęp do EGNOS),
- Serwis Dystrybucji Danych Komercyjnych (Comercial Data Distribution), transmitujący dane użytkownikom autoryzowanym,
- Serwis Bezpieczeństwa Życia (Safety of Life), który powinien współdziałać z aplikacjami wspierającymi lotnictwo cywilne. Możliwość jego działania jest regulowana wymaganiami opracowanymi przez ICAO.

Głównym założeniem serwisu jest wsparcie dla aplikacji związanych bezpośrednio z lotnictwem cywilnym. By serwis uznano za dostępny, musi on spełnić wymagania ICAO, tj. SARPs (Standard and Recommended Practices for SBAS).

### 3. WYMAGANIA ICAO

Przed wdrożeniem systemu EGNOS w lotnictwie, konieczne jest spełnienie licznych wymagań i dostosowanie się do istniejących międzynarodowych wytycznych opracowanych przez ICAO (International Civil Aviation Organization). Podstawowym założeniem walidacji EGNOS jest udowodnienie, że system ten można zastosować w aplikacjach odpowiedzialnych za bezpieczeństwo i życie. Jest to możliwe w przypadku, gdy sygnał systemu EGNOS – SIS (Signal-In-Space) na obszarze objętym walidacją spełni postawione międzynarodowe wymogi zawarte w ESSC (EGNOS System Safety Case).

Załącznik 10 Tom 1 do Konwencji ICAO) opisuje wymagania dla systemów GLONASS i GPS wykorzystujących częstotliwość L1. Dodatkowo ICAO zdefiniowała wymagania dla systemów ABAS (Aircraft-Based Augmentation System), SBAS (Satellite-Based Augmentation System) oraz GBAS (Ground-Based Augmentation System).

### 4. OPROGRAMOWANIE PEGASUS

W celu wspierania procesu certyfikacji systemu EGNOS na danym obszarze opracowano oprogramowanie i stworzono EDCN (EGNOS Data Collection Network) na potrzeby analizowania i monitorowania sygnałów EGNOS.

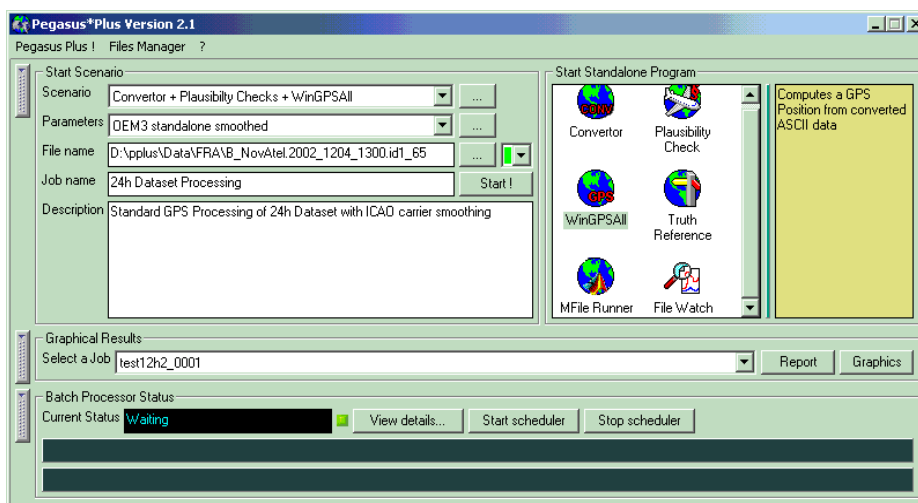
Strategia EUROCONTROL ma na celu ustanowienie jednolitej drogi do wdrożenia systemu GNSS w lotnictwie w całej Europie oraz walidację systemu EGNOS zgodnie z wymaganiami lotnictwa.

Początkowo za sprawą EUROCONTROL w celu wspierania systemów ABAS (Aircraft-Based Augmentation Systems) w roku 1995 rozpoczęto rozwój oprogramowania SAPPHIRE, które w roku 2001 roku zostało przekształcone na aplikację o nazwie PEGASUS (Prototype EGNOS and GBAS Analysis System Using SAPPHIRE) mającą za zadanie wspieranie walidacji systemu SBAS. Oprogramowanie to wykorzystuje tylko te algorytmy, które zatwierdzone są przez odpowiednie wytyczne. Zestaw narzędzi, które wchodzi w jego skład daje możliwość wyznaczenia pozycji obiektu, obliczając jednocześnie takie parametry jak dokładność, wiarygodność i dostępność. Na całość oprogramowania składają się następujące moduły:

- Converter (konwertuje surowe dane pochodzące z odbiornika GNSS do formatów danych obsługiwanych przez oprogramowanie PEGASUS),
- GNSS Solution (wyznacza pozycję na podstawie pseudoodległości, danych efemerydalnych oraz poprawek różnicowych SBAS/GBAS),
- Dynamics Module (oblicza błędy na podstawie danych zarejestrowanych podczas lotu),
- Procedure Visualisation Module (moduł ten pozwala na budowanie oraz wizualizację procedury podejścia),
- XPL Estimation Module (moduł ten służy do oszacowania działania SBAS na podstawie danych SIS (Signal-In-Space) przy uwzględnieniu wytycznych ICAO),
- Multipath Analysis Module (moduł ten służy do analiz wielotorowości sygnału oraz wyznaczania błędu pomiaru pseudoodległości spowodowanego wielotorowością sygnału),
- MARS3 GBAS Modules (zestaw modułów służących do obsługi systemu GBAS),

- MFile Runner (służy do wizualizacji danych opracowanych w oprogramowaniu PEGASUS niezależnie od innego oprogramowania).

Rysunek 3 przedstawia główne okno oprogramowania PEGASUS.



Rys. 3. Główne okno oprogramowania PEGASUS - (EUROCONTROL).

## 5. BADANIE DZIAŁANIA SYSTEMU EGNOS W POLSCE.

W przypadku sprawdzenia SIS i przygotowania dokumentów do certyfikacji GNSS, konieczne jest zastosowanie połączonych metod pomiarów i symulacji wykonywanych z dużą dokładnością oraz metod statystycznej analizy wyników zbieranych przez system testowy. Podstawowym elementem takiego systemu testowego jest konieczność zastosowania „odbiornika bezawaryjnego”, który nie będzie wnosił do całości testów dodatkowego błędu. W przypadku konstruowania stanowiska testowego konieczne jest zastosowanie odbiornika zgodnego z aktualnymi wymaganiami JAA i FAA (RTCA/EUROCAE) stawianymi odbiornikom pokładowym oraz programowa emulacja zachowań tego odbiornika w różnych sytuacjach – na bazie rzeczywistych pomiarów parametrów systemów GNSS. W skład zestawu stacji monitorującej SIS wchodzi: system antenowy, odbiornik, komputer zapisujący dane, system archiwizacji danych, oprogramowanie do analizy danych. [4]

W latach 2005-2006 przeprowadzono badania nad działaniem systemu EGNOS na wschodnim krańcu funkcjonowaniu systemu (Chełm). W tym celu na terenie Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Chełmie zainstalowano stację zbierającą dane EGNOS, które poddano dogłębnej analizie. Na ich podstawie stwierdzono, że system EGNOS nie jest dostępny w stopniu spełniającym wymogi ICAO dotyczące używania systemu typu SBAS w lotnictwie. [4]

Zespół Katedry Geodezji Satelitarnej i Nawigacji przy współpracy z Polską Agencją Żeglugi Powietrznej planuje przeprowadzenie badań sygnału systemu EGNOS, po

osiągnięciu pełnej operacyjności (FOC), w Olsztynie. Zakłada się przeprowadzenie szczegółowych testów i wnikliwych analiz statystycznych odbiornika GNSS umieszczonego na terenie lotniska w Dajtkach należącego do Aeroklubu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Wykonanie powyższych badań będzie podstawą do wdrożenia systemów nawigacji obszarowej RNAV na terenie Warmii i Mazur. Tego typu rozwiązanie niewątpliwie wsparłoby rozwój regionu Warmii i Mazur, znacznie zwiększając bezpieczeństwo oraz dostępność lotniska w Olsztynie. Badania rozpocznie seria testów i analiz zgodnych z wymogami ICAO przy wykorzystaniu certyfikowanego sprzętu i oprogramowania PEGASUS.

## 6. WNIOSKI

Wdrożenie systemu EGNOS w lotnictwie stwarza niewątpliwie nowatorskie możliwości nawigacyjne. Wiąże się to jednak ze ścisłym przestrzeganiem opracowanych wytycznych i procedur dotyczących wdrażania systemu. Za wdrożeniem systemów GNSS w lotnictwie stoją przede wszystkim niewielkie koszty wdrożenia oraz funkcjonowania. Zarząd lotniska ponosi koszt opracowania i wdrożenia procedury – nie ma natomiast żadnych kosztów związanych z utrzymaniem systemu, co jest szczególnie istotne dla mniejszych lokalnych lotnisk, na których nieopłacalne jest instalowanie klasycznych systemów wspomagających lotnictwo. Użytkownik ponosi stosunkowo niewielki koszt wyposażenia statku powietrznego w certyfikowany odbiornik GNSS – nie ma natomiast kosztów związanych z korzystaniem z systemu.

Mając na uwadze obecną sytuację gospodarczą w Polsce wdrażanie nowych technologii nawigacyjnych GNSS stanowi realną szansę na poprawę bezpieczeństwa i rozbudowę funkcjonowania niedużych lotnisk regionu Warmii i Mazur (i nie tylko), dla których tego typu rozwiązanie ze względu na niewielkie koszty wdrożenia jest możliwe do zrealizowania.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Caccioppoli N., Chirita A., Duchet D.: *Validating PEGASUS in suport of EGNOS certification*, EUROCONTROL.
- [2] Ciećko A., Oszczak S., Grzegorzewski M., Ćwiklak J.: *Wyznaczenie pozycji statku powietrznego oraz dokładności z wykorzystaniem systemu EGNOS w Polsce wschodniej*, Zakopane, TRANSCOMP – XIV INTERNATIONAL CONFERENCE, 2010.
- [3] Fellner A., Ćwiklak J., Jaferník H., Tromiński P., Zając J., Banaszek K.: *GNSS for aviation analysis based on EUPOS and GNSS/EGNOS collocated stations in PWSZ CHEŁM*, Gdynia, 9th INTERNATIONAL NAVIGATIONAL SYMPOSIUM ON MARINE NAVIGATION AND SAFETY OF SEA TRANSPORTATION TRANSCOMP 2011.
- [4] Fellner A., Zając J., Banaszek K.: *Współpraca na niwie lotniczej systemów EUPOS i GNSS/EUPOS na przykładzie stacji RTK DGPS w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Chełmie*, Journal of Aeronautics and Astronautics, 2007.
- [5] Jaworski L.: *Performance of Warsaw EGNOS/RIMS station*, manuscript 2007.