

Niewątpliwie innym ważnym tematem prac Podkomitetu będzie wypracowanie stanowiska Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO) na następną Światową Konferencję Radiokomunikacyjną (WRC-15), która jest planowana na rok 2015. Wynika to z faktu, iż decyzje, jakie zapadną na WRC-15 w odniesieniu do radiokomunikacji morskiej, będą miały bezpośredni związek z pracą nad modernizacją systemu GMDSS i wdrożeniem strategii e-nawigacji.

W cieniu tych wielkich tematów należy jednak także dostrzec te, które mają bardzo duże znaczenie praktyczne i wzrastający wpływ na radiokomunikację morską. Jednym z nich jest ciągły rozwój standardów Inmarsat, co zostało potwierdzone staraniami o uznanie standardu FleetBroadband FB500 jako zgodnego z GMDSS, przy jednoczesnym wycofaniu z użycia, po 20 latach pracy, standardu Inmarsat B. Innym tematem jest wykorzystanie nowych, powszechnie dostępnych technologii komunikacyjnych (np. smartphonów czy bezprzewodowego Internetu) jako uzupełnienia systemu GMDSS. Kolejnym tematem wartym zauważenia jest powstawanie coraz to innych zastosowań systemu automatycznej identyfikacji statków (AIS), czego przykładem mogą być omówione powyżej urządzenia „człowiek za burtą” (AIS-MOB)

czy „radiopława” dla nurków (AIS-DIVERS). Aplikacje te, przy niewątpliwym pozytywnym wpływie na szeroko rozumianą radiokomunikację morską, rodzą wiele problemów, które będą musiały znaleźć rozwiązanie w toku dalszych prac Podkomitetu COMSAR.

LITERATURA

- [1] Raport z obrad 16. sesji Podkomitetu IMO ds. Radiokomunikacji, Poszukiwań i Ratownictwa – COMSAR (*Sub-Committee on Radiocommunications, Search and Rescue*), Londyn, 2012
- [2] Czajkowski J., Korcz K.: *Tematyka radiokomunikacji morskiej w świetle obrad COMSAR-15*. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne nr 5, 2011
- [3] Czajkowski J., Korcz K.: *Zagadnienia dotyczące radiokomunikacji morskiej na światową konferencję radiokomunikacyjną WRC-2012*, Elektronika nr 5, 2011
- [4] International Telecommunication Union (ITU), *Radio Regulations*, Geneva, 2008
- [5] Korcz K.: *Radiokomunikacyjne problemy planu implementacji strategii e-nawigacji*. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne nr 7, 2011
- [6] Korcz K.: *Implementacja systemu LRIT*. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne nr 10, 2012

Jacek JANUSZEWSKI*

System EGNOS i inne satelitarne systemy wspomagające

Pozycja obiektów, zarówno stacjonarnych, jak i ruchomych, jest najczęściej określana za pomocą nawigacyjnych systemów satelitarnych (NSS), przede wszystkim systemu GPS, a od grudnia 2011 roku również systemu GLONASS. Dla większości użytkowników dokładność owej pozycji jest wystarczająca, dla niektórych jednak, w pewnych warunkach, miejscach i momentach – zbyt mała lub nie jest wiarygodna, pozbawiona bowiem tzw. *integrity*, czyli zdolności natychmiastowego ostrzeżenia użytkownika o niewłaściwym funkcjonowaniu systemu. Dlatego też już na początku lat 90. minionego wieku stworzono odmianę różnicową systemu GPS, która zaspokoili prawie wszystkie wymagania, ale jedynie użytkowników morskich. Ze względu bowiem na ograniczony (do 300 km) zasięg stacji referencyjnych transmitujących poprawki różnicowe (częstotliwości z przedziału 283,5 – 325 kHz), z myślą przede wszystkim o użytkownikach lotniczych, stworzono nowe systemy, wykorzystujące odpowiednio rozbudowaną sieć stacji naziemnych w celu zwiększenia, i to w każdych warunkach, dokładności określanej pozycji, a przede wszystkim zapewnienia jej wiarygodności. Informacje wytworzone w wymienionej sieci stacji mogą być przesyłane do odbiorników użytkowników za pomocą:

- naziemnych stacji radiowych wchodzących w skład naziemnych systemów wspomagających GBAS (*Ground Based Augmentation System*),
- satelitów geostacjonarnych wchodzących w skład satelitarnych systemów wspomagających SBAS (*Satellite Based Augmentation System*).

Tym też systemom poświęcony jest niniejszy artykuł. Omówiono systemy już funkcjonujące – ogólnodostępne EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay System*), WAAS (*Wide Area*

Augmentation System) i MSAS (*Multifunctional Transport Satellite Based Augmentation System*) oraz systemy obecnie budowane (połowa 2012 roku) – również ogólnodostępne SDGM (*System for Differential Correction and Monitoring*) i GAGAN (*GPS and Geo Augmented Navigation*). Pominęto natomiast systemy wykorzystujące satelity geostacjonarne w komercyjnych wersjach odmiany różnicowej, takie jak Omnistar, Landstar czy SkyFix.

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE ZASADA DZIAŁANIA

Wraz z oficjalnym oddaniem do eksploatacji w 1995 roku systemu GPS w USA pod patronatem Federalnej Organizacji Lotnictwa Cywilnego (FAA) oraz Departamentu Obrony (DOD) rozpoczęto prace nad stworzeniem nowego systemu, który – pozbawiony wad systemu GPS, przede wszystkim pod względem dokładności określanej pozycji użytkownika, głównie w pionie, integralności, ciągłości usług oraz dostępności – byłby jego uzupełnieniem. Zarówno bowiem system GPS, jak i system GLONASS, nie spełniały wówczas wymagań operacyjnych w odniesieniu do najbardziej krytycznej fazy lotu (lądowania). Wynikiem tych prac było powstanie pierwszego regionalnego systemu dystrybucji poprawek różnicowych dla systemu GPS o nazwie WAAS. Celem tego nowego systemu było spełnienie wymagań lotnictwa dla przelotu, podejścia nieprecyzyjnego oraz lądowania w kategorii I, co oznacza dokładność pionową i poziomą pozycji nie gorszą niż 7,6 m z prawdopodobieństwem 95% [3], [6], [10], [12], [26].

WAAS to pierwszy system zaliczany do SBAS. Nazwa ta może dotyczyć jedynie tych satelitarnych systemów wspomagających, które działają zgodnie z przepisami Międzynarodowej Organizacji Lotnictwa Cywilnego (ICAO), a ich sygnały zawierają szczególnie format informacji na wybranej częstotliwości.

* Katedra Nawigacji, Akademia Morska w Gdyni,
e-mail: jaceklot@am.gdynia.pl

Wszystkie systemy SBAS obecnie funkcjonujące, czyli oprócz WAAS również EGNOS i MSAS, wspomagają jedynie system GPS. W dalszej części artykułu opisano znajdujący się na etapie budowy system **SDCM**, pierwszy SBAS, który będzie wspomagać również system GLONASS.

System SBAS, tak jak każdy nawigacyjny system satelitalny (NSS), składa się z trzech segmentów:

- **kosmicznego**, satelitów geostacjonarnych danego systemu, przekazujących informacje otrzymywane od naziemnych stacji korygujących,
- **naziemnego**, sieci odpowiednio rozmieszczonych stacji naziemnych, zbierających i przetwarzających dane oraz tworzących informacje dla segmentu kosmicznego,
- **użytkownika**, odbiorników znajdujących się w rękach użytkowników.

Przyjęto, że każdy w pełni operacyjny SBAS powinien zapewniać nieprzerwane określanie bieżącej pozycji użytkownika z dokładnością około $1 \div 3$ m w płaszczyźnie horyzontalnej i około $2 \div 4$ m w płaszczyźnie pionowej, w obu przypadkach z prawdopodobieństwem 95 %, a dodatkowo znajomość czasu z dokładnością większą niż 10 ns [1].

Dokładność pozycji użytkownika określonej za pomocą NSS zależy od wielu czynników. Systemy SBAS umożliwiają wyeliminowanie takich błędów, jak błąd wzorca czasu satelity, błędy efemeryd czy też błędy powstałe w wyniku przejścia sygnału satelitalnego przez jonosferę. Inne jednak, takie jak błędy odbiornika użytkownika, spowodowane przez troposferę oraz wielotorowość sygnału (tzw. *multipath error*), nie są i nie mogą być wyeliminowane przez SBAS [3].

Wielką zaletą SBAS jest to, że są to pierwsze w historii systemy satelitalne, które dostarczają użytkownikowi informacji o integralności, tzw. *integrity*. Oznacza to, że w razie utraty wiarygodności systemu zostaje wygenerowany alarm dla użytkowników w czasie nie dłuższym niż 6 sekund. W depeszy nawigacyjnej każdego satelity znajduje się wprawdzie informacja o poprawności jego funkcjonowania (tzw. *satellite health*), ale nie zawiera ona jakichkolwiek danych o poprawności działania całego systemu, w związku z tym użytkownik nie może być ostrzegany, że z systemu tego nie powinien już korzysta.

Każdy system SBAS oferuje różnego rodzaju serwisy. Kolejnym wielkim udogodnieniem dla jego użytkownika, szczególnie lotnictwa, jest znajomość dla każdego z systemów SBAS prawdopodobieństwa wystąpienia nieprawidłowego działania w wybranym przedziale czasu. Prawdopodobieństwo to w obecnych SBAS – w zależności od wykorzystywanego serwisu – wynosi $2 \cdot 10^{-7}$ w 150 s lub 10^{-7} w godzinie [1].

SEGMENT KOSMICZNY

Satelity wykorzystywane w systemie SBAS to satelity geostacjonarne (GEO). W przypadku każdego systemu długości geograficzne tych satelitów ustalono tak, by swoim zasięgiem objęły wszystkie zaplanowane rejony. Ze względu jednak na fakt, że zasięg ten jest niepełny na dużych szerokościach geograficznych, każdy SBAS liczy dwa lub trzy satelity. Powyżej szerokości geograficznej $81,3^{\circ}$ N i $81,3^{\circ}$ S satelita GEO znajduje się bowiem poniżej horyzontu. W praktyce jednak wymienione szerokości są jeszcze niższe, gdyż w odbiorniku użytkownika sygnały z satelitów brane są pod uwagę tylko wtedy, gdy ich wysokość topocentryczna jest większa od przyjętej w tym odbiorniku dolnej wysokości granicznej, najczęściej 5 stopni [3].

W każdym systemie SBAS długości geograficzne ich satelitów GEO są tak dobrane, aby większość obszaru, który ma znaleźć się w strefie działania danego SBAS, była najlepiej w zasięgu dwóch satelitów GEO. W przypadku bowiem awarii bądź błędów w przekazie danych przez jednego z nich odbiornik użytkownika automatycznie przełącza się wówczas na innego dostępnego satelitę [13].

■ Tabela 1. Satelitarne systemy wspomagające (SBAS), długość geograficzna satelitów geostacjonarnych, ich numer PRN i bieżący status (połowa 2012)

System	Satelita geostacjonarny	Długość geograficzna	PRN	Status
WAAS	Intelsat Galaxy XV	133° W	135	operacyjny
	TeleSat Anik F1R	107° W	138	operacyjny
	Inmarsat-4-F3 AMR	098° W	133	operacyjny
EGNOS	Inmarsat-3-F2 Atlantic Ocean Region – Est (AOR – E)	015,5° W	120	operacyjny
	Artemis	021,5° E	124	na etapie testów
	Inmarsat-4-F2 Indian Ocean Region – West (IOR – W)	025° E	126	operacyjny
MTSAT	MTSAT – 1R	140° E	129	operacyjny
	MTSAT – 2	145° E	137	operacyjny
GAGAN	GSAT – 8	082° E	128	operacyjny
	GSAT – 10	034° E	127	planowany 2012
	GSAT – 15	132° E	nieznany	planowany
SDCM	Luch-5A	016° W	125	na etapie testów
	Luch-5B	095° E	140	planowany
	Luch-5V (Luch-4)	167° E	141	planowany

W tabeli 1 zestawiono pełne nazwy, długości geograficzne, numer **PRN** (*Pseudo Range Noise*) i bieżący status wszystkich satelitów SBAS zarówno już tych funkcjonujących, jak i planowanych.

Ze względu na to, że dotychczas wszystkie SBAS współpracują jedynie z systemem GPS, satelity te emitują obecnie sygnały jedynie na częstotliwości 1575,42 MHz, tej samej, co satelity systemu GPS. Dlatego też identyfikacja satelitów SBAS odbywa się, tak jak w przypadku satelitów systemu GPS, przez niepowtarzalny kod PRN. Kod ten, należący do tej samej rodziny złotych kodów co 37 kodów PRN zarezerwowanych dla systemu GPS (od numeru 1 do 37), oznacza numer szumu pseudoprzypadkowego i jest unikatowy dla każdego satelity. Początkowo zarezerwowano 19 kodów, od numeru 120 do 138 włącznie, ostatnio górna granica została jednak podniesiona, bowiem dla dwóch kolejnych satelitów budowanego systemu SDCM przypisano już numery 140 i 141. Wykaz kodów PRN przypisanych poszczególnym satelitom jest prowadzony przez **Biuro Programu GPS** (*GPS Joint Program Office*). O ile częstotliwość emisji sygnałów przez satelity GPS i satelity SBAS jest taka sama, to inna jest szybkość transmisji danych, gdyż wynosi odpowiednio 50 bit/s i 250 bit/s [6], [23].

Segment naziemny

Segment naziemny każdego SBAS, zarówno już funkcjonującego, jak i dopiero budowanego, obejmuje niżej podane liczby stacji [3], [4], [6].

- Od kilku do kilkudziesięciu **stacji monitorujących**, zwanych też przez niektórych autorów stacjami referencyjnymi. Stacje te odbierają sygnały ze wszystkich widocznych satelitów GPS, dokonują pomiarów pseudoodległości metodą kodową, prowadzą pomiary fazowe, określając jednocześnie bieżącą różnicę między

czasem odniesienia UTC a czasem własnym danego SBAS, aby tak zgromadzone informacje i wyniki przesać do jednej czy też wybranej stacji głównej.

- Od jednej do kilku **stacji głównych**, zadaniem których jest nieprzerwane nadzorowanie, kontrola i sterowanie pracą całego systemu. Na podstawie wyników pomiarów otrzymywanych ze stacji monitorujących każda stacja główna tworzy tzw. **wektor poprawki korekcyjnej**, na który składa się przestrzenny błąd efemeryd, błąd zegara satelity i parametry opóźnienia jonosferycznego. Wektor ten jest następnie przesyłany do wybranej stacji korygującej. Z danych pochodzących ze stacji referencyjnych stacja główna generuje mapę zawartości jonów w jonosferze nad obszarem, na którym owe stacje się znajdują. Jonosfera jest modelowana jako płaszczyzna pozioma w północnym i wschodnim kierunku (z pominięciem radialnego). Obowiązujący obecnie model został opracowany w okresie od października 1999 do maja 2001 roku, kiedy to obserwowano wzmożoną aktywność Słońca, a warunki, które wówczas panowały, uznano za najgorsze, z jakimi może spotkać się użytkownik systemu.

- Kilka **stacji korygujących**; każda z nich po otrzymaniu pakietu informacji od współpracującej z nią stacji głównej przesyła go w określonej formie, w określonych odstępach czasu do wybranej stacji satelity. W przypadku, gdy z jakichkolwiek powodów niemożliwe jest przesyłanie danych przez którąkolwiek ze stacji głównych, jej funkcję przejmuje automatycznie inna stacja główna.

O ile struktura segmentu naziemnego wszystkich SBAS jest jednakowa, to już nazwy trzech rodzajów stacji są w każdym systemie inne. W tabeli 2 dla trzech funkcjonujących systemów SBAS, czyli EGNOS, WAAS i MSAS, oraz budowanego systemu

■ **Tabela 2. Satelitarne systemy wspomagające, segment naziemny, terminologia poszczególnych stacji**

System	Język	Stacja monitorująca	Stacja główna	Stacja korygująca
EGNOS	polski	stacja pomiarowo- obserwacyjna	Główne centrum monitorująco-sterujące	nawigacyjna stacja naziemna, korygująca
	angielski	RIMS – <i>Ranging and Integrity Monitoring Station</i>	MCC – <i>Monitoring Control Center</i>	NLES – <i>Navigation Land Earth Station</i>
WAAS	polski	szeroko-obszarowa stacja referencyjna	szeroko-obszarowa stacja główna	naziemna stacja korygująca
	angielski	WRS – <i>Wide-area Augmentation Station</i>	WMS – <i>Wide-area Master Station</i>	GES – <i>Ground Earth Station</i>
MSAS	polski	stacja monitorująco-pomiarowa naziemna stacja monitorująca	główna stacja sterująca	naziemna stacja korygująca
	angielski	MRS – <i>Monitor and Ranging Station</i> GMS – <i>Ground Monitor Station</i>	MCS – <i>Master Control Station</i>	GES – <i>Ground Earth Station</i>
GAGAN	polski	indyjska stacja referencyjna	indyjska główna stacja sterująca	indyjska naziemna stacja korygująca
	angielski	INRES – <i>Indian Reference Station</i>	INMCC – <i>Indian Master Control Centre</i>	INLUS – <i>Indian Land Uplink Station</i>

GAGAN zestawiono pełne nazwy tych stacji w języku angielskim oraz ich polskie odpowiedniki.

Charakterystyka sygnałów emitowanych przez satelitę

Dane z każdego satelity SBAS są transmitowane z szybkością 250 bitów na sekundę, spakowanych w 250-bitowy jedno-sekundowy blok. Każdy z tych bloków zawiera 8-bitowy wstęp (jedna z trzech części 24-bitowego unikatowego słowa, które jest rozdzielone na trzy bloki), 6-bitowe pole typu wiadomości (możliwość zakodowania 64 typów wiadomości), 212-bitową wiadomość z wyjątkowym znaczeniem, specjalnie określonym dla każdego typu wiadomości oraz 24 bity detekcji błędów. Początek każdego pierwszego bitu wstępu jest zsynchronizowany z początkiem 6-sekundowej ramki depeszy nawigacyjnej systemu GPS. Listę wszystkich 64 typów (numery od 0 do 63) przedstawiono w [2]. Dla użytkownika szczególnie ważne są wiadomości typu 2–5, zawierające uaktualniane co 60 s poprawki szybkości błędów zegara satelity oraz uaktualniane co 2 minuty typu 25 i 26 zawierające poprawki wolnozmiennych dotyczących błędów efemeryd i jonosfery.

Poprawki zegara i efemeryd dotyczą określonego satelity, zaś poprawka jonosferyczna dotyczy ściśle określonego położenia miejsca odbiornika użytkownika. Poprawka jonosferyczna dla widocznych satelitów jest określana za pomocą specjalnego algorytmu wykorzystującego wartości pionowego opóźnienia jonosferycznego. Szczegóły tego algorytmu można znaleźć w literaturze specjalistycznej, między innymi w [6]. Przy określaniu tej poprawki obszar całej kuli ziemskiej podzielono na dziewięć sektorów. Każdy z nich obejmuje obszar o rozpiętości długości geograficznej 40°. We wszystkich sektorach wyróżniono 201 bądź 200 punktów, gdyż w przedziale szerokości 55° S – 55° N punkty wyróżniono co 5 stopni zarówno szerokości, jak i długości, a na obydwu szerokościach 65° i 75° – co 10 stopni długości. Polska znajduje się w obrębie sektorów 4 i 5 [3].

Każdy satelita SBAS przesyła dane w postaci almanachu poprawek dla tych wszystkich punktów, dla których określono poprawkę jonosferyczną. Liczba tych punktów zależy od liczby stacji referencyjnych i ich rozmieszczenia, mogą one przynależeć do nie więcej niż czterech sektorów. W praktyce oznacza to, że zasięg danego SBAS nie jest równoznaczny z zasięgiem satelitów GEO tego systemu, gdyż użytkownik może korzystać ze SBAS tylko wtedy, gdy znajduje się w obszarze, dla którego uprzednio określono poprawki. W systemie EGNOS dotyczy to na przykład rejonów Afryki leżących poniżej 25 stopnia szerokości geograficznej północnej.

Od chwili powstania trzech obecnie funkcjonujących SBAS po dzień dzisiejszy wszystkie ich satelity GEO emitują sygnały jedynie na częstotliwości L1 systemu GPS (1575,42 MHz). I to pomiarów pseudoodległości na tej właśnie częstotliwości i tegoż systemu dotyczą wszystkie zawarte w niej poprawki i informacje o integralności. Przewiduje się jednak, że już w niedalekiej przyszłości, z chwilą w której liczba satelitów bloku IIF, emitujących sygnały również na częstotliwości L5 (1175,45 MHz), umożliwi określenie pozycji użytkownika w dowolnym momencie i w dowolnym miejscu na Ziemi, wiadomości te będą przekazywane również i na tej częstotliwości. Według zapowiedzi z 2012 roku w pierwszej kolejności będzie to dotyczyć systemu WAAS [9], [19], [20].

Oddanie z kolei do eksploatacji systemu SDCM będzie oznaczać, że wymienione wiadomości będą dotyczyć także systemu GLONASS.

Segment użytkownika

Odbiornik użytkownika umiejscawia swoją pozycję względem tych czterech najbliższych punktów, dla których poprawki są dostępne, a właściwą dla siebie poprawkę oblicza metodą

interpolacji. Jeśli są tylko trzy takie punkty, poprawkę wylicza się z powstałego w ten sposób trójkąta [3].

System SBAS powinien spełniać wymagania integralności wszędzie tam, gdzie jego odbiornik może określić pozycję użytkownika. W lotnictwie wiarygodność jest zapewniona przez wprowadzenie wartości granicznych błędów pozycji: w płaszczyźnie poziomej **HAL** (*Horizontal Alert Limit*) oraz w płaszczyźnie pionowej **VAL** (*Vertical Alert Limit*). Wielkości te definiują błędy pozycji użytkownika, które nie mogą być przekroczone, bez czasowego ostrzeżenia z założonym poziomem prawdopodobieństwa oraz czasem potrzebnym do zaalarmowania. Błędy HAL i VAL są wyznaczane w odbiorniku użytkownika na podstawie danych odebranych w depešy nawigacyjnej z satelitów SBAS [6].

FUNKCJONUJĄCE SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE

W 2012 roku funkcjonowały na świecie trzy systemy SBAS – EGNOS w Europie, WAAS na kontynencie północnoamerykańskim i MSAS w Japonii oraz przestrzeni ją okalającej.

System EGNOS

W 1996 roku Europa rozpoczęła budowę własnego systemu wspomagającego EGNOS. Segment kosmiczny liczy trzy satelity GEO (tabela 1). W dniach od 22 marca do 26 czerwca 2012 r. satelity Inmarsat-4F2 i Artemis zamieniły się rolami. Na drugą połowę tego samego roku zaplanowano wprowadzenie na orbitę geostacjonarną (długość 005° E) pierwszego z dwóch satelitów serii SES – Sirius 5 (**SES-5**). Satelita ten jest już przystosowany do transmisji wektora poprawek również na dwóch (podobnie jak nowe satelity systemu WAAS) częstotliwościach, dotychczas stosowanej L1 oraz nowej L5 i ma zastąpić jednego z trzech obecnie funkcjonujących. Drugi satelita z tej serii, **SES Astra 5B**, również geostacjonarny, ma zostać wystrzelony w II kwartale 2013 roku i zająć pozycję 031,5° E [19], [20].

Segment naziemny liczy przeszło 50 różnego rodzaju stacji (tabela 3), w tym [15], [17] znajdując się niżej wymienione.

- 39 stacji pomiarowo-obszaryjnych RIMS. Stacje te są wykorzystywane do śledzenia i monitorowania wszystkich satelitów systemów GPS i GLONASS oraz własnych satelitów geostacjonarnych, dokonując wszelkich możliwych pomiarów, określając też jednocześnie na bieżąco różnicę między UTC a czasem systemu EGNOS. Zebrane dane są przesyłane do stacji MCC. Jedną ze stacji RIMS zlokalizowano w Warszawie w Centrum Badań Kosmicznych. Jest to jedyny polski akcent w SBAS.

- 4 stacje główne MCC.

- 6 stacji korygujących NLES.

- 2 stacje wspomagające, jedna w Tuluzie, jedna we włoskim Torrejon; realizują one funkcje kwalifikacyjne aplikacji **ASQF** (*Application Specific Qualification Facility*) oraz kontrolę i ocenę systemu **PACF** (*Performance Assessment System Checkout Facility*). W stacjach tych jest bowiem dokonywana weryfikacja wiarygodności danych nadawanych przez satelity EGNOS.

Polską i angielską terminologię nazw wszystkich wymienionych stacji systemu EGNOS podano w tabeli 2. W skład segmentu naziemnego wchodzi również sieć telekomunikacyjna **EWAN** (*EGNOS Wide Area Network*), której serwer zlokalizowano w Amsterdamie, a zapasowy w Paryżu.

Siatka punktów jonosferycznych obejmuje obszar od 40 stopnia długości geograficznej zachodniej do 40 stopnia długości geograficznej wschodniej oraz od 25 do 75 stopnia szerokości geograficznej północnej [www.esa.int]. System EGNOS umożliwia określanie pozycji użytkownika z dokładnością do 1–1,5 m w płaszczyźnie poziomej i do 2–3 m w płaszczyźnie pionowej [9], [19].

System EGNOS zapewnia użytkownikom trzy serwisy [16], [17], [19]:

- otwarty **OS** (*Open Service*), bezpłatny, ogólnodostępny dla wszystkich znajdujących się w zasięgu systemu i dysponujących odpowiednim odbiornikiem; parametry dokładnościowe określonej pozycji mogą jednak niekiedy nie spełniać wszystkich wymagań;

■ Tabela 3. System EGNOS, segment naziemny, stacje pomiarowo-obszaryjne (RIMS), główne stacje monitorujące (MCC) oraz stacje korygujące (NLES) w roku 2012

Stacje pomiarowo-obszaryjne (RIMS)					
Państwo	Lokalizacja	Państwo	Lokalizacja		
Afryka Południowa	Hartebeesthoek (HBK)	Kanada	Moncton (MON)		
		Maroko	Agadir (AGA)		
Algeria	Tamanrasset (TMR)	Mauretania	Nouakch (NOU)		
Bułgaria	Sofia (SOF)	Niemcy	Berlin (BRN)		
Dania	Alborg (ALB)	Norwegia	Jan Mayen (JME), Kirkenes (KIR), Svalbard (LYR), Tromsø (TRD)		
Egipt	Aleksandria (ALY), Abu Simbel (ABU)	Polska	Warszawa (WRS)		
Finlandia	Lappeenranta (LAP)	Portugalia	Lizbona (LSB), Madera (MAD), Wyspy Azorskie (ACR)		
Francja	Kourou (KOU), Tuluz (TLS)	Szwajcaria	Zurich (ZUR)		
Grecja	Ateny (ATH)				
Hiszpania	Wyspy Kanaryjskie (CNR), Palma de Mallorca (PDM), La Palma (LPI), Malaga (MLG), Santiago de Compostella (SDC)	Szwecja	Gavle (GVL)		
Irlandia	Cork (CRK)	Tunezja	Djerba (DJA)		
Islandia	Reykjavik (RKK), Egilsstadir (EGI)	Turcja	Golbasi (GOL)		
Izrael	Tel Aviv (HAI)	Wielka Brytania	Gatwick (SWA), Glasgow (GLG)		
Jordania	Amman (AMN)	Włochy	Catania (CTN)		
Główne stacje monitorujące (MCC)					
Londyn – Swanwick (Wielka Brytania)	Frankfurt na Menem – Lagen (Niemcy)	Madryt – Torrejon (Hiszpania)	Rzym – Ciampino (Włochy)		
Stacje korygujące (NLES)					
Inmarsat AOR – E		Artemis		Inmarsat IOR – W	
Goonhilly (Wielka Brytania)	Toulouse (Francja)	Scanazo (Włochy)	Madryt (Hiszpania)	Raisting (Niemcy)	Fucino (Włochy)

- bezpieczeństwa życia **SoL** (*Safety of Life*), stosowany wszędzie tam, gdzie jest zagrożone życie ludzkie; serwis gwarantuje wiarygodność świadczonych usług, ostrzegając o niesprawności systemu w czasie nie dłuższym niż 6 sekund, dostępny jest jednak tylko dla tych, którzy podpiszą specjalne porozumienie z nadzorującymi system;

- komercyjny **CS** (*Commercial Service*), odpłatny, wymagający autoryzacji, przeznaczony dla użytkowników profesjonalnych, dostarczający informacje w czasie rzeczywistym przez Internet.

Europa, w tym Polska, znajduje się w zasięgu systemu EGNOS. Serwis otwarty tego systemu jest dostępny od października 2009 r., zaś serwis bezpieczeństwa życia od 2 marca 2011. Po raz pierwszy z serwisu tego można było korzystać w dniu 10 maja 2011 r. na lotnisku w Pau w południowo-zachodniej Francji. Do tej pory samoloty – opierając się tylko na sygnałach satelitów systemu GPS – mogły wyznaczać ścieżkę podejścia z dokładnością do 10 metrów. Obecnie – dzięki nowemu serwisowi EGNOS – dokładność ta została zwiększona do 2 metrów. Mający odpowiedni certyfikat użytkownik otrzymuje informację o poprawności funkcjonowania systemu i ostrzeżenie o jego niesprawności w czasie do 6 sekund. Przewiduje się, że system EGNOS w niedalekiej przyszłości może całkowicie zastąpić dotychczas stosowany system naprowadzania samolotów ILS. W 2012 roku już 43 porty lotnicze w Europie korzystały z serwisów tego systemu, najwięcej w Niemczech, bo aż 37. Przewiduje się, że do końca 2013 roku liczba tych portów wzrośnie o ponad 80, najbardziej we Francji, bo o 40, Niemczech i Wielkiej Brytanii – o 10. W Polsce będą trzy takie porty [9], [19], [20].

System WAAS

Budowany od 1994 roku system WAAS początkową zdolność operacyjną (IOC) uzyskał 10 lipca 2003 roku, gdy stał się dostępny na 95 % części kontynentalnej USA (tzw. CONUS), zaś pełną zdolność operacyjną (FOC) osiągnął w 2008 roku. Swoim zasięgiem obejmuje on 100% CONUSA oraz Alaskę, Kanadę i Meksyk. W budowie systemu można wyróżnić cztery fazy. Obecnie (rok 2012) trwa trzecia faza, w której już między innymi zrealizowano wprowadzenie usługi **LPV-200** (*Localizer Performance with Vertical 200*), gwarantując lokalizator kierunkowy z uwzględnieniem pionowym mniejszym niż 200 stóp (około 61 metrów) nad powierzchnią pasa startowego. W fazie czwartej (lata 2014–2028) zaplanowano przystosowanie systemu do transmisji przez wszystkie satelity całości informacji na dwóch częstotliwościach L1 i L5 systemu GPS [8], [13], [19], [26], [29].

Segment kosmiczny liczy obecnie 3 satelity GEO, do ubiegłego roku – tylko 2 satelity, których położenie oraz operator zmieniały się kilkakrotnie. Wszystkie one transmitują wektor poprawek na częstotliwości L1 systemu GPS [19], [20].

Segment naziemny liczy łącznie 45 różnego rodzaju stacji, szczegółowe współrzędne geograficzne każdej z nich są podane między innymi w [14]. Wśród tych stacji można wyróżnić niżej wymienione.

- Sieć 38 współpracujących ze sobą stacji referencyjnych (**WRS**) odbierających sygnały z satelitów systemu GPS; wyniki pomiarów po wstępnej obróbce są przesyłane do stacji głównych. 20 stacji WRS zlokalizowano w kontynentalnej części USA, tzw. CONUS, 7 na Alasce, po jednej na Hawajach i w Puerto Rico, 5 w Meksyku oraz 4 w Kanadzie. Wykaz wszystkich stacji w porządku alfabetycznym zamieszczono w tabeli 4. W niedalekiej przyszłości przewiduje się uruchomienie 9 nowych.

- 3 stacje główne (**WMS**) przetwarzające dane i określające wartości poprawki, zlokalizowane w Hampton (Georgia), Leesburg (Wirginia) i Palmdole (Kalifornia).

- 2 pary stacji (**GUS**) przekazujące poprawki satelitom geostacjonarnym na częstotliwości 6455,42 MHz, odpowiednio Napa (Kalifornia) i Littleton (Kolorado) oraz Brewster (Waszyngton) i Woodbine (Massachusetts).

■ Tabela 4. System WAAS, stacje referencyjne (WRS) w 2012 roku

Stacja (stan USA / państwo)				
Albuquerque (Nowy Meksyk)	Fairbanks (Alaska)	Honolulu (Hawaje)	Mexico City (Meksyk)	Ronkonkoma (Nowy York)
Anchorage (Alaska)	Farmington (Minnesota)	Houston (Texas)	Miami (Floryda)	Salt Lake City (Utah)
Auburn (Washington)	Fort Worth (Texas)	Iqaluit (Kanada)	Merida (Meksyk)	San Hose del Cabo (Meksyk)
Aurora (Illinois)	Fremont (California)	Juneau (Alaska)	Nashua (New Hampshire)	San Juan (Puerto Rico)
Barrow (Alaska)	Gander (Kanada)	Kotzebue (Alaska)	Oberlin (Ohio)	Tapachula (Meksyk)
Bethel (Alaska)	Goose Bay (Kanada)	Leesburh (Wirginia)	Olathe (Kansas)	Vinnipeg (Kanada)
Billings (Montana)	Hampton (Georgia)	Longmont (Colorado)	Palmdate (Kalifornia)	
Cold Bay (Alaska)	Hilliard (Floryda)	Memphis (Tennessee)	Puerto Vallarta (Meksyk)	

Polską i angielską terminologię nazw wszystkich wymienionych stacji systemu WAAS podano w tabeli 2.

Siatka punktów jonosferycznych obejmuje obszar od 145 do 35 stopnia długości geograficznej zachodniej oraz od 20 do 65 stopnia szerokości geograficznej północnej [www.waas.stanford.edu]. System WAAS umożliwia określenie pozycji użytkownika z dokładnością około 2 metrów zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej [9], [19], [20]. Aby zapewnić integralność, wielkości HAL i VAL muszą ograniczać błędy pozycji użytkownika do poziomu ufności 99,99999% [13].

System WAAS zapewnia wiele bezpłatnych i ogólnie dostępnych serwisów nawigacyjnych dla wszystkich użytkowników, takich jak nawigacyjny serwis dla samolotów w powietrzu oraz na obszarach lotnisk, stosowany w momencie startu, lądowania oraz w lotach krajowych czy też różnego rodzaju serwisy urządzeń podchodzenia do lądowania [8].

System MSAS

System wspomagający MSAS został opracowany przez japońskie Biuro Lotnictwa Cywilnego Ministerstwa Gospodarki Gruntami, Infrastruktury, Transportu i Turystyki (MILT) i obejmuje swoim zasięgiem przestrzeń lotniczą wokół Japonii. Budowę systemu zainicjowało wprowadzenie na orbitę pierwszego satelity GEO w 1999 roku, ale oficjalnie system ten został uznany za przydatny w nawigacji lotniczej 27 września 2007 roku. Pierwotnie celem systemu była wyłącznie obsługa samolotów cywilnych, ale obecnie mogą z niego korzystać również użytkownicy morscy i lądowi.

Segment kosmiczny obejmuje dwa satelity geostacjonarne **MTSAT** (*Multifunctional Transport Satellite*), **MTSAT-1R** i **MTSAT-2**. Ich parametry podano w tabeli 1. Satelity te, oprócz transmisji wektora poprawek, przekazują również informacje meteorologiczne (w tym zdjęcia satelitarne) i serwisy komunikacyjne [21].

Segment naziemny MSAS liczy łącznie 8 stacji, w tym:

- 4 stacje monitorujące GMS, zlokalizowane w Fukucka, Naha, Sapporo i Tokio; odbierają one sygnały z satelitów systemu GPS na dwóch częstotliwościach L1 i L2, a wyniki pomiarów przekazują do stacji głównych;

- 2 stacje główne MCS, zlokalizowane w Hitachi-Ota i Kobe; obie pełnią jednocześnie rolę stacji korygujących GES, odpowiednio względem MTSAT-2 i MTSAT-1R, przesyłając tym satelitom wektor poprawki jonosferycznej na częstotliwości 6455,42 MHz;

• 2 stacje monitorująco-pomiarowe MRS, leżące poza Japonią, jedna w Australii, jedna na Hawajach, należące do międzynarodowej sieci; odbierają one sygnały zarówno z satelitów systemu GPS, jak i z co najmniej jednego satelity MTSAT, sprawdzając tym samym wiarygodność funkcjonowania systemu MSAS.

Polską i angielską terminologię nazw wszystkich wymienionych stacji systemu MSAS podano w tabeli 2. Stacja GMS dokonuje pomiarów pseudoodległości na dwóch częstotliwościach, co umożliwi obliczenie poprawki jonosferycznej. Siatka punktów jonosferycznych obejmuje obszar od 105 do 170 stopnia długości geograficznej wschodniej oraz od 5 do 65 stopnia szerokości geograficznej północnej [21]. System umożliwia określenie pozycji użytkownika z dokładnością około 2 metrów zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej [3], [8], [9], [19], [20].

System MSAS znalazł zastosowanie w dwóch japońskich serwisach lotniczych – RNAV, w którym umożliwia wybór kursu wewnątrz sieci namierników nawigacyjnych oraz VOR, wykorzystującym sieć połączeń naziemnych i satelitarnych do określania pozycji samolotu i wyznaczania trasy w korytarzu lotniczym [11].

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE W BUDOWIE

W 2012 roku w budowie znajdowały się dwa systemy SBAS, SDCM w Rosji i GAGAN w Indiach. Dwa kolejne są na etapie planowania, SNAS (*Sino Navigation Augmentation System*) w Chinach oraz NigComSat (*Nigerian Communication Satellite System*) w Nigerii.

System SDCM

Segment kosmiczny budowanego przez Rosję systemu SDCM będzie liczyć 3 satelity geostacyjne z serii Luch (tabela 1). Pierw-

szy z nich został wprowadzony na orbitę w grudniu 2011 r., obecnie jest na etapie testów. Poprawki różnicowe będą przesyłane dla dwóch systemów – GLONASS (na częstotliwości L3) i GPS (na częstotliwości L1), a w przyszłości być może i systemu Galileo [5].

Segment naziemny będzie się składać ze zlokalizowanego w Moskwie głównego centrum przetwarzającego, stacji korygującej w Nowosybirsku w południowej Rosji oraz z kilkudziesięciu stacji referencyjnych, leżących nie tylko na terenie Rosji, ale również poza jej granicami. Znana jest już lokalizacja 19 takich stacji na terytorium Rosji – Anapa, Bilibino, Ekaterinburg, Irkuck, Khabarok, Kislovodsk, Petropavlovsk, Pulkovo-Sankt Petersburg, Lovozero, Magadan, Moscow, Norilsk, Novosibirsk, Pecheri, Tiksi, Yakutsk, Yugno-Sahalinsk, Vladivostok, Voroneg. W 2010 roku uruchomiono dwie stacje na Antarktydzie – Bellingshausen i Novolazarevskaya. W najbliższych latach mają powstać dwie kolejne stacje w Rosji oraz 4 poza Rosją w Australii, Brazylii, Indonezji i Nikaragui [9].

Siatka punktów jonosferycznych obejmie cały obszar Rosji. System SDCM ma określać pozycję użytkownika z dokładnością do 1–1,5 m w płaszczyźnie poziomej i do 2–3 w płaszczyźnie pionowej [19].

System GAGAN

W sierpniu 2001 roku Indyjska Organizacja Badań Kosmosu ISRO (*Indian Space Research Organization*) oraz władze indyjskich portów lotniczych AAI (*Airports Authority of India*) podpisały porozumienie o budowie satelitarnego systemu wspomagającego GAGAN. Głównymi użytkownikami tego systemu będzie lotnictwo w przestrzeni powietrznej Indii oraz nawigacja morska na jej wodach przybrzeżnych [5].

Segment kosmiczny będą stanowić trzy satelity geostacyjne z serii GSAT. Budowa tego segmentu uległa opóźnieniu

■ Tabela 5. Najważniejsze parametry techniczno-eksploatacyjne wybranych odbiorników systemów SBAS [18], [22], [24], [27], [28]

Producent	Furuno	Leica	Magellan Professional	Trimble	U-blox
Model	GP 1850 W	GRX 1200+	Aquarius	BX960	UBX-G610
Liczba torów pomiarowych	12	20	28	72	16
Częstotliwości, kody (system)	L1, C/A (GPS)	L1, L2, L5 C/A, C, P (GPS)	L1, L2 C/A, P (GPS)	L1, L2, L5 (GPS) L1, L2 (GLONASS)	L1, C/A (GPS) L1 (Galileo)
SBAS	WAAS	SBAS	WAAS, EGNOS, MSAS	Omnistar, WAAS, EGNOS	WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN
Częstotliwość uaktualniania pozycji [Hz]	1	1	0,02	1	5
Czas otrzymania pierwszej pozycji, start [s]	zimny – 90 ciepły – 12	zimny – 45 ciepły – 35	zimny – 80 ciepły – 30	zimny – 60 ciepły – 30	zimny – 27 ciepły – 3
Dokładność pozycji horyzontalnej (95%) [m]	GPS – 10 m DGPS – 5 m WAAS – 3 m	GPS – 5 m 0,25 m (poprawki)	GPS – 2 m 0,2 m (poprawki)	DGPS < 1 m SBAS < 5 m 0,25 m (poprawki)	SNS – 2,5 m SBAS – 2 m
Czas reaktywizacji [s]	2	1	brak danych	< 15	< 1
Pobór mocy [W]	3	3,3	10 do 21	8,8	< 003
Napięcie zasilania [V DC]	12 – 24	10,5 – 28	9 – 36	9 – 28	1,75 – 3,6
Rodzaj portu	RS – 232	RS – 232	RS – 232, RS – 422, AUX Port PPS Out	RS – 232 Ethernet	UART USB SPI
Prędkość transmisji danych [bitów/s]	50 – 200	2400 – 115 200	1200 – 115 200	115 200	4800 – 115 200
Wymiary [mm]	95 x 60 x 68	166 x 79 x 212	245 x 125 x 305	261 x 140 x 55	8 x 8 x 0,85
Masa [g]	680	1259	4 200	1 600	≈ 1
Temperatura pracy [O]	[– 15, + 55]	[– 45, + 65]	[– 20, + 55]	[– 40, + 75]	[– 40, + 70]

z powodu awarii pierwszego wystrzelonego satelity GSAT-4, który spadł do Zatoki Bengalskiej 15 kwietnia 2010 roku. Kolejna próba była już jednak pomyślna i z wystrzelonego 21 maja 2011 roku satelity GSAT-8 zaczęto odbierać sygnały 15 grudnia tego samego roku. Parametry tegoż satelity i dwóch kolejnych GSAT-10 i GSAT-15 podano w tabeli 1.

Segment naziemny docelowo ma liczyć 20 stacji, w tym [7]:

- 15 stacji referencyjnych INRES, osiem z nich – zlokalizowanych w Ahemdabad, Bangalore, Delhi, Guwahati, Jammu, Kolkata, Port Blair i Thiruvananthapuram – jest już operacyjnych, siedem kolejnych zaplanowano w Amritsar, Bhuj, Chennai, Indore, Lucknow, Nagpur i Visakhapatnam;
- 2 stacje główne INMCC, jedna z nich jest w Bangalore;
- 3 stacje korygujące INLUS, których ostateczna lokalizacja nie została jeszcze przesądzona.

Polską i angielską terminologię nazw wszystkich wymienionych stacji systemu GAGAN podano w tabeli 2. Siatka punktów jonosferycznych obejmuje obszar od 65 do 100 stopnia długości geograficznej wschodniej oraz od 5 do 35 stopnia szerokości geograficznej północnej. System umożliwia określenie pozycji użytkownika z dokładnością około 2 metrów zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej [8], [9], [19], [20].

ODBIORNIKI SYSTEMÓW WSPOMAGAJĄCYCH

Odbiornik SBAS to klasyczny odbiornik systemu GPS mający dodatkową możliwość odbioru i rozkodowania sygnałów, w szczególności depezy nawigacyjnej, docierających z geostacjonarnych satelitów SBAS, ilu satelitów i których systemów – zależy to od odbiornika użytkownika. Na rynku są dostępne odbiorniki jednego tylko, wybranego SBAS, dwóch SBAS, najczęściej jednak wszystkich trzech obecnie funkcjonujących SBAS. Niektóre odbiorniki SBAS są też przystosowane do odbioru sygnałów z satelitów komercyjnych systemów różnicowych, np. Omnistar [25], inne z kolei do SBAS dopiero budowanych, np. GAGAN.

Ze względu na to, że system WAAS uruchomiono już kilka lat temu i obejmuje on swoim zasięgiem północną Amerykę, odbiorniki tego właśnie systemu można spotkać najczęściej przede wszystkim w nawigacji lotniczej. Szczegółowe informacje o odbiornikach SBAS można znaleźć w corocznym zestawieniu kilkuset modeli dołączanym do internetowego wydania numeru miesięcznika *GPS World*.

W tabeli 5 zestawiono 13 najważniejszych parametrów techniczno-eksploatacyjnych pięciu odbiorników systemów SBAS pięciu renomowanych producentów. Bez wątplenia najciekawszą propozycją jest model UBX-G610 firmy U-blox. Ten ważący poniżej jednego grama chip o milimetrycznych wymiarach z powodzeniem może być wykorzystywany w różnego rodzaju urządzeniach mobilnych, takich jak laptop, tablet, telefon komórkowy. Najlepszymi natomiast parametrami, zwłaszcza dokładnościowymi, a także najbogatszym oprogramowaniem nawigacyjnym, charakteryzuje się profesjonalny odbiornik firmy Magellan, o masie ponad 4 kg, który z powodzeniem może być stosowany w geodezji i w innych dziedzinach wymagających dużej dokładności określanej pozycji.

ANALIZA PORÓWNAWCZA SYSTEMÓW WSPOMAGAJĄCYCH, PLANY NA PRZYSZŁOŚĆ

Struktura i zasada działania wszystkich SBAS jest taka sama, ale to, co je różni, to z pewnością liczebność stacji segmentu naziemnego, w szczególności stacji referencyjnych (tabela 6). Liczba tych ostatnich jest uzależniona od wielkości obszaru, który ma znaleźć się w zasięgu danego SBAS. Dlatego też najmniej

■ Tabela 6. Satelitarne systemy wspomagające, liczebność stacji segmentu naziemnego (2012)

System	Liczba stacji referencyjnych	Liczba stacji głównych	Liczba stacji korygujących
EGNOS	39	4	6
WAAS	38	3	4
MSAS	6	2	2
GAGAN	8	1	1
SDCM	21	1	1

jest ich w systemach GAGAN i MSAS, gdyż swoim zasięgiem obejmują one odpowiednio Indie i Japonię.

W najbliższych latach przewiduje się znaczną rozbudowę segmentu naziemnego wszystkich trzech SBAS obecnie funkcjonujących przez zlokalizowanie dodatkowych kilkudziesięciu stacji monitorujących na półkuli południowej (tabela 7). Stacje te będą współpracować z już istniejącymi satelitami GEO. Dzięki temu EGNOS, WAAS i MSAS będą mogły być eksploatowane nie tylko na półkuli północnej, ale również na południowej [9].

■ Tabela 7. Satelitarne systemy wspomagające, lokalizacja dodatkowych stacji monitorujących na półkuli południowej

System	Liczba nowych stacji	Lokalizacja stacji
EGNOS	7	5 – południowa Afryka 2 – Madagaskar
WAAS	13	10 – wschodnie i zachodnie wybrzeża Ameryki Południowej 2 – środkowa Brazylia 1 – Ameryka Środkowa
MSAS	9	6 – wybrzeża Australii 2 – Nowa Zelandia 1 – Indonezja

* * *

● Systemy SBAS zostały stworzone dla potrzeb lotnictwa, całkowicie spełniają wymagania ICAO i obecnie są wykorzystywane głównie przez użytkowników tego rodzaju transportu. Ze względu jednak na fakt, że w innych dziedzinach wymagania co do dokładności pozycji użytkownika nie są tak rygorystyczne, coraz częściej systemy te znajdują zastosowanie również gdzie indziej, na przykład w różnego rodzaju aplikacjach morskich, przede wszystkim ze względu na informację o wiarygodności systemu.

● Głównym celem działania systemu SBAS jest zwiększenie dokładności i zapewnienie wiarygodności wyznaczania pozycji użytkownika, umożliwiające między innymi wykorzystywanie NSS w lotnictwie do lądowania w kategorii I. W przypadku SBAS już funkcjonującego użytkownik otrzymuje informację o poprawności jego działania i ostrzeżenie o niesprawności w czasie do 6 sekund.

● W planach wszystkich trzech SBAS obecnie funkcjonujących, czyli EGNOS, WAAS i MSAS, jest zlokalizowanie ich segmentów naziemnych również na półkuli południowej przez budowę tam nowych stacji, odpowiednio w Afryce, Ameryce Południowej, Australii i Nowej Zelandii. Umożliwi to znaczny wzrost nie tylko samej liczby użytkowników tych SBAS, ale przede wszystkim

bezpieczeństwa ruchu lotniczego, i to przy wykorzystaniu tych samych satelitów GEO.

• Liczba i znaczenie SBAS rośnie nieprzerwanie, gdyż każde państwo o dużej powierzchni, dużej liczbie ludności i wynikającym stąd wzmożonym ruchu lotniczym pragnie posiadać własny SBAS. Potwierdzeniem tego jest budowanie przez Rosję i Indie nowych SBAS, odpowiednio SDCM i GAGAN. Kolejny SBAS o nazwie SINAS jest planowany w Chinach.

LITERATURA

- [1] Hofmann-Wellenof B., Lichtenegger H, Wasle E.: *GNSS – Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo, and more*, Springer, Wien NewYork, 2008
- [2] Januszewski J.: *Depesza nawigacyjna systemów satelitarnych obecnie i w przyszłości*, Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 10/2009
- [3] Januszewski J.: *Systemy satelitarne GPS, Galileo i inne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2010
- [4] Januszewski J.: *Stacje segmentu naziemnego systemów satelitarnych i systemów wspomagających*, Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, nr 25, 2010
- [5] Januszewski J.: *New satellite navigation systems, new satellites, new signals, new services, why and for whom?* 14th Marine Traffic Engineering Conference MTE11, Świnoujście 2011
- [6] Kaplan E.D., Hegarty C.J.: *Understanding GPS Principles and Applications*, Artech House, Boston/London, 2006
- [7] Majithiya P. et al.: *Indian Regional Navigation Satellite System*, InsideGNSS, vol. 6, No.1, 2011

- [8] Materiały pokonferencyjne CGSIC – Civil GPS Service Interface Committee, 2007–2012
- [9] Munich Satellite Navigation Summit, Munich, 2009–2012
- [10] Narkiewicz J.: *GPS i inne satelitarne systemy nawigacyjne*, WKiŁ, Warszawa, 2007
- [11] Praca zbiorowa Japońskiego Biura Lotnictwa Cywilnego, RNAV Roadmap version 2, Tokio, 2007
- [12] Prasad R., Ruggieri M.: *Applied Satellite Navigation Using GPS, Galileo and Augmentation Systems*, Artech House, Boston/London, 2005
- [13] Schempp T.R.: *Good, better, best: expanding Wide Area Augmentation System*, GPS World, vol.19, no 1, 2008
- [14] Wide-Area Augmentation System Performance Analysis Report FAA, no 37, 2011
- [15] www.egnos-user-support.essp-sas.eu
- [16] www.esa.int
- [17] www.essp.be
- [18] www.furunousa.com
- [19] www.gpsworld.com
- [20] www.insidegnss.com
- [21] www.kasc.go.jp
- [22] www.leicageosystems.com
- [23] www.losangeles.af.mil
- [24] www.magellan-marine.com
- [25] www.omnistar.com
- [26] www.pnt.gov
- [27] www.trimble.com
- [28] www.u-blox.com
- [29] www.waas.stanford.edu

Henryk ŚNIEGOCKI*, Kamil FORMELA*

Symulator

Transas Navi-Trainier Professional 5000 (NTPRO 5000) Możliwości wykorzystania do celów szkoleniowych

Symulator Navi-Trainier Professional 5000 firmy Transas jest kompleksowym narzędziem stosowanym do szkolenia i podnoszenia kwalifikacji w zakresie obsługi poszczególnych urządzeń, jak i prowadzenia wachty nawigacyjnej. Konfiguracja systemu w układzie: konsola instruktorska – stanowisko umożliwia jego dostosowanie do potrzeb aktualnie realizowanego szkolenia czy też prowadzonego kursu.

Stanowisko (*Trainee working station*) w najbardziej podstawowym układzie składa się z paneli:

- wizualizacyjnych, służących do wizualizacji danego akwenu/obszaru ćwiczenia,
- nawigacyjno-manewrowych, zawierających wszystkie dostępne urządzenia nawigacyjne i manewrowe dla wybranego modelu statku użytego w ćwiczeniu,
- radarowego, który umożliwia uruchomienie i imitację obrazu radarowego wraz z użyciem nie tylko wszystkich dostępnych funkcji dla radaru i ARPY, ale także wielu innych nowoczesnych rozwiązań,
- systemu mapy elektronicznej (ECDIS).

* Wydział Nawigacyjny, Katedra Nawigacji, Akademia Morska w Gdyni,
e-mail: henryksa@wn.am.gdynia.pl

Modułowy charakter symulatora umożliwia jego dowolną konfigurację i łatwą rozbudowę architektury. Sprawia to, że można stworzyć stanowisko z pełną wizualizacją i rzeczywistymi urządzeniami nawigacyjno-manewrowymi (*Full Mission Bridge*) – rys. 1 (III str. okładki).

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU RT-500-M SAR DIRECTION FINDER

Urządzenie rzeczywiste

Urządzenie RT-500-M SAR Direction Finder jest produktem niemieckiej firmy RHOTHETA Elektronik GmbH, mającej blisko 20 lat doświadczenia w projektowaniu, rozwoju i produkcji wysokiej jakości namierników, mających zastosowanie i będących w użyciu m.in. w stacjach VTS bądź specjalistycznych jednostkach (np. SAR)¹⁾.

System RT-500-M umożliwia monitorowanie i uzyskanie namiaru na sygnał radiowy czterech różnych pasm częstotliwości, co przedstawiono w tabeli 1²⁾.

¹⁾ <http://www.rhotheta.com/rhotheta/index.html>

²⁾ RHOTHETA User Manual Installation and Operating RT-500-M