

Europejski system nawigacji satelitarnej Galileo

# GALILEO w Polsce



**JANUSZ B. ZIELIŃSKI**  
Centrum Badań Kosmicznych  
Polska Akademia Nauk, Warszawa  
jzbz@cbk.waw.pl

**Amerykański system GPS stał się obecnie popularnym narzędziem używanym w wielu dziedzinach życia codziennego. Jednak nowe technologie znajdują kolejne zastosowania, te natomiast wymagają coraz to doskonalszych narzędzi. Okazuje się, że sam system GPS nie będzie w stanie zaspokoić w pełni naszych potrzeb**

Wspólnota Europejska oraz Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) prowadziły wieloletnie badania i dyskusje na temat możliwości utworzenia systemu satelitarnego, który byłby podobny do GPS. Prace koncepcyjne i projektowe nad systemem rozpoczęły się już na początku lat dziewięćdziesiątych; polityczne poparcie dla projektu i formalne decyzje pojawiły się później. W 1999 roku Rada Unii Europejskiej podkreśliła strategiczne znaczenie programu nawigacji satelitarnej i poprosiła Komisję Europejską o powzięcie wszystkich kroków do jego implementacji – wtedy też powstała nazwa GALILEO. Podjęto również decyzje finansowe pozwalające na rozpoczęcie etapu rozwoju technicznego. Od tego momentu GALILEO rozwijał się jako wspólny program ESA i UE.

W 2004 roku Polska stała się członkiem Unii Europejskiej, w związku z tym stała się również formalnie jednym z przyszłych właścicieli systemu GALILEO. Już od pierwszych momentów powstawania projektu GALILEO Polska była nim bardzo zainteresowana. Jednakże możliwości naszego zaangażowania były ograniczone. Polska nie będąc członkiem ESA oraz jeszcze przed przystąpieniem do UE nie miała podstaw prawnych by uczestniczyć w pracach związanych z systemem GALILEO i podejmowaniu jakichkolwiek decyzji. A jednak dzięki dawnym kontaktom

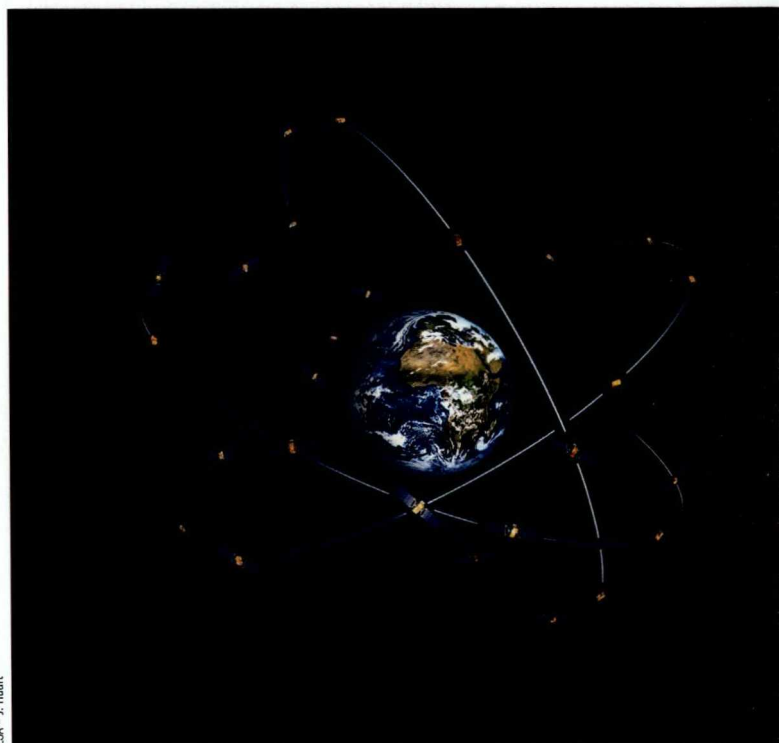
między Polską a ESA oraz profesjonalnej współpracy z jednostkami naukowymi z różnych krajów, nasz wkład w pracę nad systemem GALILEO stał się możliwy.

W czym system GALILEO będzie lepszy od systemu GPS? Po pierwsze będzie on posiadał solidny fundament polityczny i prawny. GPS jest systemem znajdującym się pod wyłączną kontrolą jednego kraju, czyli USA i nie podlega żadnym konwencjom i traktatom. GALILEO będzie systemem międzynarodowym, który będzie podlegał regulom opracowanym przez członków UE oraz porozumieniom zaakceptowanym przez inne kraje zainteresowane tym projektem. Istotnym nowym elementem prawnym będzie odpowiedzialność systemu GALILEO za wszelkiego rodzaju awarie i zakłócenia sygnału.

Planowane jest, iż GALILEO będzie oferować pięć rodzajów usług:

**GALILEO Open Service** jest tworzony z myślą o masowym odbiorcy. Zapewniać będzie powszechnie dostępny sygnał, który posłuży do wyznaczania pozycji z ograniczoną

Układ satelitów Galileo



ESA - J. Huart

dokładnością. Usługa ta będzie darmowa. Dzięki zgodności zasadniczych parametrów odbiorniki mogące pracować jednocześnie z systemami GPS i GALILEO staną się bardzo popularne.

Serwis **Safety of Life** będzie przeznaczony głównie do nawigacji lotniczej, ale również dla tych wszystkich użytkowników gdzie pogorszenie działania systemu może stworzyć zagrożenie dla życia. Serwis ten zapewniać będzie informacje na temat jakości sygnału docierającego do użytkownika.

**Commercial Service** przeznaczony jest dla użytkowników o wysokich wymaganiach pod względem jakości sygnału, dlatego też będzie to serwis płatny. Będzie on składał się z dwóch zaszyfrowanych sygnałów, które dodane zostaną do sygnału powszechnie dostępnego. Dostęp do zakodowanego sygnału będzie na poziomie odbiornika przy użyciu odpowiedniego klucza dostępu.

**Public Regulated Service** zaprojektowany został z myślą o służbach państwowych, takich jak policja, straż pożarna, pogotowie ratunkowe i wojsko. Będzie on kontrolowany przez organy administracyjne.

**Search and Rescue Service** będzie wykorzystywany do poszukiwania zaginionych i przeprowadzania akcji ratowniczych.

Usługa typu Open Service jest obecnie dostępna poprzez GPS. Już od szeregu lat w Polsce znajduje on zastosowanie w wielu dziedzinach. Dzięki temu systemowi rozwinęły się geodezja, nawigacja morska, kontrola ruchu samochodowego i wiele innych. Ważną dla nas dziedziną, w której osiągnęliśmy obiecujące wyniki jest pomiar i transfer czasu.

Można powiedzieć, że technologia pomiaru czasu stanowi jądro systemów nawigacji satelitarnej. Odległość wyznaczana jest poprzez pomiar interwałów czasu. Satelity systemu GPS (lub GALILEO) to w rzeczywistości „latające zegary atomowe”, dlatego też cały system możemy określić jako konstelację zegarów o najwyższej precyzji. Skala czasu systemu GPS jest zdefiniowana przez ponad sto cezowych wzorców częstotliwości oraz maserowe zegary atomowe w US Naval Observatory. Każdy odbiornik GPS zawiera wzorzec czasu i częstotliwości, który gotowy jest do synchronizacji z sygnałem satelitarnym.

W dziedzinie pomiaru czasu zostały osiągnięte interesujące rezultaty w Obserwatorium Astronomicznym w Borowcu Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk.



SRC PAN



Odbiornik sygnałów czasu GPS opracowany w Obserwatorium Astrogeodynamicznym CBK PAN w Borowcu

We współpracy z International Time Bureau w Paryżu polscy eksperci skonstruowali odbiornik GPS TTS-2 pozwalający na porównywanie wskazań bardzo odległych od siebie zegarów z dokładnością  $10^{-8}$  sekundy. Odbiornik TTS-2 został sprzedany do wielu obserwatoriów zajmujących się pomiarem czasu na całym świecie. Następną generacją tego przyrządu zapewniająca dokładność o jeden rząd wyższą jest już kończąca produkcję.

Dzięki użyciu tej zaawansowanej technologii zegary atomowe pracujące w Polsce mogły zostać zorganizowane w sieć, która generuje narodową skalę czasu dla Polski. W pracy tej sieci uczestniczą następujące laboratoria:

1. Główny Urząd Miar
2. Obserwatorium Astrogeodynamiczne CBK PAN w Borowcu
3. Instytut Łączności w Warszawie
4. Centralne Laboratorium Telekomunikacji Polskiej SA (TPSA) w Warszawie
5. Instytut Tele - Radiotechniczny w Warszawie
6. Centralny Ośrodek Metrologii Wojskowej w Zielonce
7. Specjalistyczny Ośrodek Metrologii Sił Powietrznych

Do sieci włączone jest również jako partner Litewskie Laboratorium Czasu i Częstotliwości Instytutu Fizyki w Wilnie.

Zegary w Głównym Urzędzie Miar są porównywane przy użyciu elektronicznych

## Europejski system nawigacji satelitarnej Galileo

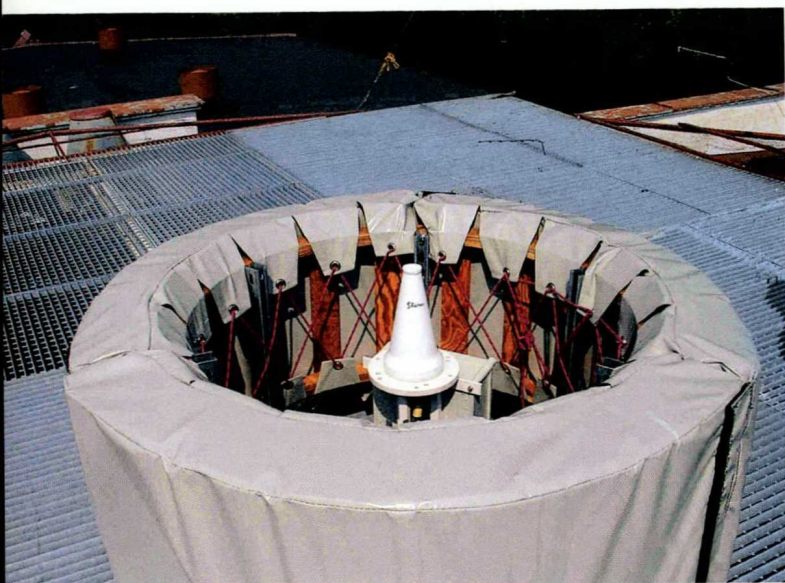
liczników HP5335A; zegary z pozostałych laboratoriów są porównywane przez wielokanałowe połączenia GPS. Polska skala czasu jest połączona z Międzynarodową Skalą Czasu Koordynowanego oraz skalą czasu atomowego za pośrednictwem Centralnego Biura Pomiarowego i Obserwatorium w Borowcu przy użyciu najnowszego wielokanałowego odbiornika GPS TTS-3 skonstruowanego w Obserwatorium w Borowcu.

Posiadające takie wyposażenie i doświadczenie, CBK PAN odpowiedziało na wezwanie do konkursu w zaprojektowaniu infrastruktury i założeń służby czasu dla GALILEO. Propozycja została złożona wspólnie z innymi znanymi laboratoriami z Wielkiej Brytanii, Włoch, Niemiec i Francji, pod kierunkiem renomowanej firmy Helios z Londynu. Konсорcjum to odniosło sukces, w chwili obecnej

aspektem systemu EGNOS jest to, że zapewnia on również informacje na temat wiarygodności systemu, tzw. „integryty”. Takie ulepszenie systemu GNSS pozwala na stosowanie go w nawigacji lotniczej, która to branża uważana jest za jeden z najważniejszych użytkowników technologii nawigacji satelitarnej. EGNOS jest jednym z trzech międzynarodowych, operacyjnych systemów wspomaganie (pozostałe dwa to Amerykański WAAS i Japoński MSAS). System EGNOS będzie w pełni operacyjny w 2005 roku. EGNOS będzie pierwszym w Europie własnym narzędziem w dziedzinie nawigacji satelitarnej - przetrze on ścieżki dla systemu GALILEO. EGNOS jest czymś w rodzaju prekursora dla systemu GALILEO, będzie on włączony w strukturę tego ostatniego po tym jak wejdzie on w fazę operacyjną.

Od strony technicznej system EGNOS składa się z trzech geostacjonarnych satelitów, które transmitują sygnał EGNOS oraz z sieci stacji naziemnych, które gromadzą dane potrzebne do wyznaczenia poprawek i informacji na temat wiarygodności. Na terenie Europy znajdują się 34 stacje RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Stations). Jedną z tych stacji znajduje się w Warszawie, w budynku Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk.

Przygotowania do budowy stacji RIMS w Warszawie rozpoczęły się już w 1997 roku wraz z wizytą ekspertów z ESA i Komisji Europejskiej mającej na celu przeanalizowanie różnych opcji dla rozmieszczenia sieci naziemnej systemu EGNOS. Centrum Badań Kosmicznych PAN wykazało szczególne zainteresowanie w kwestii tego projektu, mimo iż możliwości były ograniczone ze względu na to, że Polska nie była i nie jest nadal członkiem ESA. Po długotrwałych negocjacjach i przygotowaniach technicznych w CBK, które pozwoliłyby na przeprowadzenie instalacji stacji, umowę z ESA podpisano w 2001 roku. Otworzyło to drogę do powstania stacji. Projekt ten otrzymał poparcie z KBN, dzięki czemu możliwe stało się rozpoczęcie prac. Lokalizacja stacji na terenie Warszawy umotywowana była kilkoma czynnikami. Znajduje się ona na wschodnich obrzeżach obszaru pokrywanego przez EGNOS, w dużym mieście z dobrą siecią łączności i komunikacji. Dodatkowo jest to część Warszawy o niskim stopniu szumów radiowych. Dach budynku CBK



SRC PAN

Antena odbiornika stacji RIMS umieszczona na dachu budynku CBK PAN

negocjowany i przygotowywany jest kontrakt w którym nasz udział będzie znaczący.

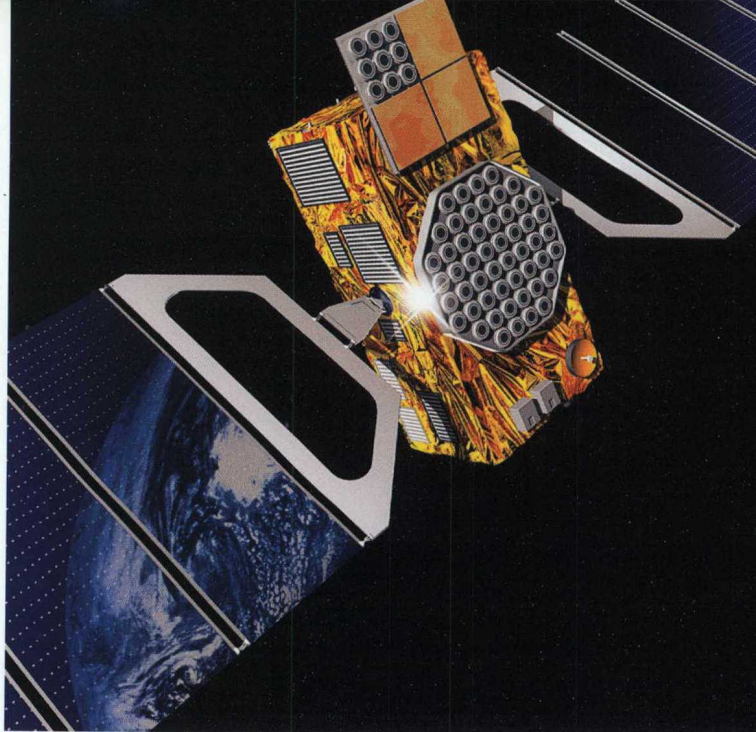
Planuje się, iż system GALILEO będzie operacyjny w 2008 roku. Jednakże zanim to nastąpi Komisja Europejska, ESA oraz Europejska Organizacja Kontroli Ruchu Lotniczego EUROCONTROL postanowiły stworzyć w Europie system wspomaganie regionalnego jako nakładkę na systemy GPS (USA) i GLONASS (Rosja) - tak powstał EGNOS (European Geostationary Overlay Service). Jego zadaniem jest działanie wspomagające poprzez wysyłanie poprawek, które podnoszą dokładność wyznaczanej pozycji z dotychczasowych 10 m do 2 m. Bardzo ważnym

na którym zastabilizowane są anteny jest wystarczająco wytrzymały dla ich potrzeb, dodatkowo w otaczającej okolicy nie znajdują się żadne duże źródła emisji np. radiowej. Grupa specjalistów z CBK została przygotowana do pracy z systemem EGNOS - analizy gromadzonych danych. Sprzęt dostarczony został w całości przez ESA, natomiast prace instalacyjne przebiegały wspólnie przy udziale pracowników z obu instytucji.

Uroczyste otwarcie stacji odbyło się 27 października 2004 roku w Warszawie, uczestniczyli w nim przedstawiciele polskich władz - wiceminister do spraw nauki i informatyzacji, wiceminister infrastruktury oraz wiceprezes Polskiej Akademii Nauk, jak również delegaci z ESA. Obecnie stacja pracuje się w trybie operacyjnym i spełnia wszystkie wymogi systemu.

Podobnie jak przy budowie stacji tak i w czasie testowego działania systemu EGNOS prowadzone były prace badawcze. Instytut Geodezji Satelitarnej Uniwersytetu Warmińsko Mazurskiego w Olsztynie wziął udział w międzynarodowym projekcie ESTB (EGNOS System Test Bed). Sygnał ESTB dostępny stał się już na początku 2002, stopniowo poprawiając jakość i poszerzając zasięg. Wykonano dużą ilość pomiarów testowych na morzu w powietrzu i na ziemi. Testowane były różne typy odborników oraz wszystkie elementy systemu na całym obszarze Polski i poza nim. Rezultaty są bardzo pomyślne, uzyskane dokładności wyznaczanej pozycji przy wykorzystaniu systemu EGNOS były znacznie lepsze niż się spodziewano. Znaczny obszar, który pokrywa EGNOS charakteryzuje się błędem na poziomie  $\pm 1$  m horyzontalnie.

Powstanie systemu GALILEO niesie ze sobą nowe możliwości. Wiele już osiągnięto dzięki systemowi GPS. Wszystko to w przyszłości zostanie zaadaptowane i rozwinięte dzięki GALILEO. Przykładem może tu być Aktywna Sieć Geodezyjna utworzona przy współpracy z Główny Urząd Geodezji i Kartografii. Celem tego projektu jest podniesienie jakości usług geodezyjnych i kartograficznych oraz wyznaczania pozycji poprzez podniesienie ich precyzji. Obecnie w południowej części Polski pracuje 10 stacji referencyjnych zaś kilka innych w pozostałych dzielnicach dostarcza dane. Po ukończeniu system ten będzie mógł pracować z systemami GPS/GALILEO.



ESA - J. Huart

Wkład i zaangażowanie w prace nad systemem EGNOS są pewną ilustracją podejścia w sprawach włączania się działalność europejską działalność kosmiczną. Jest ona prowadzona przez dwie organizacje: ESA i Unię Europejską. Program GALILEO jest finansowany w równym stopniu przez te instytucje. Polska jest nowym członkiem Unii Europejskiej i zawarła Porozumienie o Współpracy z ESA. Na podstawie tego porozumienia ESA postanowiła zlokalizować jedną ze stacji RIMS na terenie Warszawy. Jednakże przyjęto domniemanie, że Polska stanie się pełnoprawnym członkiem ESA, w przeciwnym razie trudno byłoby uzasadnić lokalizację inwestycji oraz zaufanie do polskich instytucji. Obie strony rozumieją fakt, iż Polska powinna być zaangażowana w działalność kosmiczną na poziomie porównywalnym z innymi państwami Europy. Dobrego przykładu dostarcza Hiszpania. PKB Hiszpanii jest ok. 3,5 raza większy niż PKB Polski, ale zaangażowanie tego kraju w badania i wykorzystanie przestrzeni kosmicznej jest większe od naszego o czynnik 50. Brak zainteresowania przestrzenią kosmiczną przez polski rząd nie może dłużej trwać, gdyż kraj pozbawiony będzie korzyści jakie płyną z takich systemów jak GALILEO. ■

Jeden z satelitów Galileo

#### Chcesz wiedzieć więcej?

*A positioning system Galileo. Strategic, scientific and technical stakes.* Paris: Académie de Marine, Bureau des Longitudes, Académie Nationale de l'Air et de l'Espace 2003, 2-nd edition March 2005.

Narkiewicz J. (1999) *Podstawy układów nawigacyjnych.* Warszawa: Wyd. Komunikacji i Łączności.

Azoubib J., Nawrocki J., Lewandowski W. (2003) Independent atomic time scale in Poland - organization and results. *Metrologia*, 40, 245-248.