

Anna Bazylewicz

## **Galileo – aspekty naukowe, strategiczne i techniczne**

### **Wstęp**

Nawigacja satelitarna to rodzaj radionawigacji, w której do określenia współrzędnych użytkownika – zarówno przemieszczającego się jak i stacjonarnego wykorzystuje się sygnały radiowe emitowane przez sztuczne satelity Ziemi.

Wystrzelenie przez ZSRR w dniu 4 października 1957 roku pierwszego satelity sputnika zapoczątkowało nową erę – erę podboju kosmosu przez człowieka. Oprócz satelitów naturalnych na przykład Księżyc, pojawiło się pojęcie sztucznego satelity, zwanego dalej satelitą. Ten pierwszy w historii satelita o wadze 84 kilogramów okrążył ziemię w 1958 roku a następnie spłonął w jonosferze. W styczniu 1958 roku na orbicie znalazł się pierwszy satelita amerykański Explorer 1, a w październiku tego samego roku została powołana organizacja NASA (National Aeronautics and Space Administration), która odegrała i wciąż odgrywa wielką rolę w wykorzystaniu i zagospodarowaniu przestrzeni kosmicznej. Pod koniec lat sześćdziesiątych i w latach siedemdziesiątych XX wieku roczna liczba startów rakiet wynoszących satelity w USA sięgała kilkudziesięciu, a w ZSRR przekraczała 100. W późniejszych latach wzrosła liczba startów w takich krajach jak Francja, Chiny i Japonia. Niektóre rakiety wynosiły po kilka satelitów jednocześnie.

W ciągu blisko 50 lat, które upłynęły od tych wydarzeń, kilkunastu ludzi chodziło po Księżycu i szczęśliwie wróciło na Ziemię, a na orbitę okołoziemską wystrzelono przeszło 3 tysiące obiektów, z których kilkaset nadal krąży wokół Ziemi. Kilka z nich to sztuczne satelity systemów nawigacyjnych będących tematem tej pracy.

Niniejsza praca poświęcona jest obecnie działającym i przyszłościowym nawigacyjnym systemom satelitarnym oraz ich zastosowaniom w różnych dziedzinach gospodarki. W pierwszym rozdziale omówiona jest historia astronomii oraz badania kosmiczne które stają się sprawą międzynarodową. Kolejny rozdział poświęcony jest opisowi systemu Galileo jak i wprowadzeniu do nawigacji satelitarnej. Zawarta jest w nim budowa systemu, opisane są usługi jakie świadczy ten system oraz chronologiczny przegląd wydarzeń. Trzeci rozdział poświęcony absolutnemu bezpieczeństwu systemu. Gwarancje na bezpieczeństwo mają zasadnicze znacznie dla Europejczyków, ale są również ważne dla upewnienia USA, że Galileo nie pogorszy bezpieczeństwa NATO. Opisana w tym rozdziale jest również przewidywana liczba użytkowników oraz wykorzystanie Galileo w różnych dziedzinach gospodarki takich jak sektor drogowy, kolejowy, lotniczy morski czy też publiczny. Zawarte są tutaj również podstawowe skale czasu, zastosowania geodezji kosmicznej, odbiorniki systemu Galileo czy też analiza porównawcza systemów Galileo, GPS i GLONASS. Ostatni rozdział poświęcony jest partnerom zagranicznym i krajowym oraz dniu współpracy.

Wspólnota Europejska oraz Europejska Agencja Kosmiczna prowadziły wieloletnie badania i dyskusje na temat możliwości utworzenia globalnego systemu nawigacji satelitarnej. Prace koncep-

cyjne i projektowe nad systemem rozpoczęły się już na początku lat dziewięćdziesiątych. W 1999 roku Rada Unii Europejskiej podkreśliła strategiczne znaczenie programu nawigacji satelitarnej i poprosiła Komisję Europejską o powzięcie kroków dla jego realizacji – i wtedy właśnie powstała nazwa Galileo.

Szczególnie argumentacja dotycząca motywów podjęcia decyzji o budowie europejskiego systemu nawigacji satelitarnej jest warta przedstawienia. Powinniśmy być także świadomi faktu, że system ten powstaje przy finansowym udziale Unii Europejskiej, czyli również naszym. Stwarza to możliwość współpracy w jego tworzeniu, uczestniczenia w organach decyzyjnych oraz rozwijaniu zastosowań. Jest to zupełnie odmienna sytuacja do korzystania z systemu GPS, który działa w sposób zupełnie niezależny, i nie ma się na niego najmniejszego wpływu.

Wcześniej możliwości naszego zaangażowania się w europejski projekt Galileo były ograniczone. W czasie kiedy polska nie była jeszcze członkiem Unii Europejskiej ani też członkiem Europejskiej Agencji Kosmicznej, której nadal nie jest, nie było podstaw prawnych by uczestniczyć w pracach na tym systemem. A jednak dzięki kontaktom naukowym oraz profesjonalnej współpracy z jednostkami naukowymi z różnych krajów, stało się to możliwe. Można odnotować co najmniej dwa przykłady tego uczestnictwa. Pierwszym jest zorganizowanie stacji kontrolnej podsystemu ENGOS w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie natomiast drugim jest to, że Laboratorium Czasu CBK Pan weszło w skład konsorcjum zapewniającego skalę czasu atomowego dla Galileo. Powinno to być punktem wyjścia i zachętą do jeszcze szerszego udziału polskiego w Gali-

leo, tak aby korzyści z jego powstania i działania uzasadniały nakłady poniesione przez nasz kraj.

## **1. Wiadomości wstępne oraz opis techniczny systemu Galileo**

### **1.1 Ogólny opis systemu**

Galileo jest systemem nawigacyjnym, którego działanie jest niezwykle proste i pokrywa całą kulę ziemską. W rzeczywistości wygląda to tak, że użytkownicy odbierają sygnały z wielu satelitów (oczywiście położenie satelitów jest dokładnie znane), porównuje je ze sobą i na tej podstawie jest w stanie obliczyć swoje położenie geograficzne. Jeśli chodzi o amerykański system GPS i rosyjski Glonass a w przyszłości również europejski system Galileo ta zasada działa następująco: każdy z satelitów ciągle wysyła sygnał z danymi (swoje położenie i dokładny czas transmisji). Użytkownik, który odbiera sygnał posiada odbiornik – terminal. Poprzez to urządzenie określa odległość jaka dzieli go od poszczególnych satelitów poprzez prosty pomiar czasu propagacji<sup>1</sup>. Wtedy to użytkownik wykonuje obliczenia podobne do trilateracji<sup>2</sup>, które pozwalają mu określić swoje położenia z dokładnością do około 10 metrów. Metoda ta ma bardzo dużą zaletę, a mianowicie nie wymaga ona wysyłania sygnałów przez użytkownika, co dla operatora nie stanowi żadnego obciążenia. Nie ma niebezpieczeństwa, że w systemie nagromadzi się

---

<sup>1</sup> Czas upływający od chwili zmiany stanu wejścia układu logicznego lub elementu logicznego do chwili zmiany stanu wyjść, będącej reakcją na tę zmianę wejścia. Czas propagacji jest podstawowym parametrem charakteryzującym szybkość działania elementów i układów logicznych.

<sup>2</sup> Trilateracja – metoda wyznaczania współrzędnych punktów geodezyjnych w terenie za pomocą układu trójkątów lub czworoboków (tworzących tzw. łańcuchy lub sieć powierzchniową), których wierzchołkami są punkty poziomej osnowy geodezyjnej. <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo.php?id=3989152>, z dnia 24.02.2008 roku.

dużo niezbędnych informacji ponieważ sygnał jest tylko wysyłany w jedną stronę: od satelity do użytkownika, który je odbiera. Taki system nawigacji satelitarnej może stać się doskonałym usługodawcą dystrybucji czasu. W przypadku terminali, które są zainstalowane na pokładach pojazdów można łatwo obliczyć prędkość i kurs<sup>3</sup>.

Aby ta metoda mogła być stosowana na całej kuli ziemskiej bez żadnych zakłóceń, na orbicie musi się znajdować wystarczająca ilość satelitów, których rozmieszczenie nie będzie stanowiło żadnych przeszkód w odbieraniu sygnału, który to pozwoli mu określić swoje położenie. Taki warunek jest możliwy do spełnienia jeśli na orbicie umieści się konstelację satelitów od 24 do 30, które będą rozmieszczone na orbitach kołowych w grupach po 8 lub 10 w trzech płaszczyznach na wysokości 20 tysięcy kilometrów. Dzięki takiej konfiguracji satelitów, każdy użytkownik dzięki 4 satelitom może określić swoje położenie. Takie podejście jest stosowane w trzech systemach: GPS, Glonass i Galileo<sup>4</sup>.

## 1.2 Opis systemu Galileo

Inicjatywa utworzenia systemu Galileo zrodziła się z przekonania, że ma on bardzo duże znaczenie dla Europy. Aby sobie uświadomić jak bardzo jest istotny, musimy na niego spojrzeć z dwóch perspektyw. Nawigacja satelitarna jest ukierunkowaniem dążeń, które datuje się na początek cywilizacji jeśli chodzi o historyczny punkt widzenia. Ludzkość od bardzo dawna usiłowała poznać Ziemię oraz jej strukturę i kształt. Próbowali nawet określić na Ziemi

---

<sup>3</sup> <http://lokalizacja.info/gps/galileo/galileo-opis-systemu.html>, z dnia 25.02.2008 roku.

<sup>4</sup> <http://www.grandsoft.pl/download/skladka.pdf>, z dnia 24.02.2008 roku.

swoje położenie w czasie i przestrzeni. Podzielenie tych kwestii jest niemożliwe, a przy rozwijającej się technologii, na której opiera się współczesny świat (głównie transport i telekomunikacja) coraz mocniej odczuwamy potrzebę rozwiązywania tych problemów. Takie rozwiązanie udało się w końcu urzeczywistnić, udostępniając w ostatnim dziesięcioleciu system nawigacji satelitarnej, który podaje dane dotyczące czasu i położenia. Z pewnością można jeszcze poprawić jakość tej usługi oraz jej dokładność i wiarygodność. W kierunku rozwiązania problemu zrobiono wielki krok ponieważ astronomowie i specjaliści od pomiaru czasu głowili się nad tym od dawna<sup>5</sup>.

Projekt Galileo jest to pierwszy krok, w którym dąży się do zapewnienia Europie kontroli nad nową technologią, i będzie ona gościć w naszym codziennym życiu. Tłem sukcesu były prace podjęte w Stanach Zjednoczonych w odpowiedzi na żądanie wojska<sup>6</sup>. Dzisiaj nawet system GPS (globalny system pozycjonowania), którym zarządza Departament Obrony USA posiada cechy, które wynikają z wojskowego pochodzenia. W Związku Radzieckim również prowadzono badania nad systemem Glonass<sup>7</sup>, jednak prace nad nim zostały zahamowane przez załamanie gospodarcze w ZSRR co doprowadziło to tego, że nie osiągnął on pełnego statusu operacyjnego. W Europie nigdy nie podjęto prób budowania czegoś podobnego, a powo-

---

<sup>5</sup> <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/07/1358&format=HTML&aged=1&language=PL&guiLanguage=fr>, z dnia 24.02.2008 roku.

<sup>6</sup> Wojsku był potrzebny system nawigacyjny dla okrętów podwodnych z wyrzutniami rakietowych pocisków balistycznych,

<sup>7</sup> Militarny, rosyjski system globalnego pozycjonowania – odpowiednik amerykańskiego GPS.

dem tego mogło być niedoskonałość cywilnego programu kosmicznego lub brak wojskowego programu kosmicznego<sup>8</sup>.

Użytkownicy cywilni, którzy mieli dostęp do usług świadczonych przez system GPS zaowocował istotnymi zmianami, czego nawet wojskowi pomysłodawcy nie przewidywali. Tempo zmian było różne w różnych obszarach ludzkiej aktywności, co zależało od ograniczenia nakładanego przez przepisy prawne i kwestie odpowiedzialności. Nie ważne jaki charakter mają te ograniczenia bo i tak zmiany idą w kierunku globalnego systemu, nawet jeśli niewiadomo kiedy on powstanie. System GPS został udostępniony przez rząd Stanów Zjednoczonych społeczności międzynarodowej, co umożliwiło zmianę jego głównego zastosowania. Został zagwarantowany dziesięcioletni dostęp do systemu poczynając od 1995 roku. Departament Transportu USA w 1994 roku zaangażował się w sprawy systemu oraz reprezentował interesy cywilne przy podejmowaniu decyzji, co nie zmienia faktu, że kontrolę nad GPS nadal sprawuje Departament Obrony USA<sup>9</sup>.

Jeśli chodzi o zagadnienia strategiczne w sektorze cywilnym to kluczowe znaczenia ma tutaj dostępność zasobów. Władza administracyjna powinna mieć je w dyspozycji aby wykonywać swoje główne obowiązki, a wiąże się to z faktem, że system satelitarny i nawigacja odgrywa ważną rolę w sektorach o krytycznym znaczeniu. Moglibyśmy podejrzewać, że problem jest głównie ekonomiczny ale wtedy byłibyśmy w błędzie. Dzisiejsze społeczeństwa działają w

---

<sup>8</sup> Akademie de Marine, Buremu des Longitudes, Akademie Nationale de l'Air et de l'Espace, *System nawigacyjny Galileo*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006, s.12.

różnych niezależnych systemach, takich jak: transport towarów i osób, transakcje finansowe, telekomunikacja, dystrybucja i produkcja energii i tym podobne. Wystarczy, że jeden system zacznie szwankować, to cały mechanizm społeczno-gospodarczy zatrzymuje się i nastaje chaos. Ludzie żyjący w dzisiejszych czasach są bardzo uzależnieni od nowoczesnej techniki i bardzo wrażliwi na jakiegokolwiek zakłócenia<sup>10</sup>.

Okazuje się, że do systemu Galileo postanowiono dołączyć usługi, które są zarządzane przez sektor publiczny (PRS – Public Regulated Service). Usługi te są głównie przeznaczone dla władzy administracyjnej. Są one odporne na zakłócenia, które mogłyby blokować dostęp do standardowych usług. Pod względem technicznym są podobne do kodów M w systemie GPS i mogą być wykorzystywane w Europie do celów wojskowych<sup>11</sup>.

### **1.3 Budowa Galileo**

O budowie europejskiego systemu Galileo zdecydowano w marcu 2002 roku. Będzie składał się 30 satelitów, które będą dokładnie umieszczone na wysokości 23 616 kilometrów o nachyleniu 56° w stosunku do równika co zapewni pokrycie dużych obszarów o dużych szerokościach geograficznych nawet do 75°. Na każdej z trzech płaszczyzn orbit znajduje się 10 satelit w tym 1 rezerwowy na wypadek gdyby jakiś się zepsuł. Na takiej wysokości satelity te okrążają Ziemię w 14 godzin i 21 minut. Satelity te będą zarządzane

---

<sup>9</sup> [http://galileo.kosmos.gov.pl/index2.php?option=content&do\\_pdf=1&id=21](http://galileo.kosmos.gov.pl/index2.php?option=content&do_pdf=1&id=21), z dnia 18.02.2008 roku.

<sup>10</sup> Akademe de Marine, dz. cyt., s. 13,14.



przez dwa współpracujące ze sobą centra kontroli znajdujące się w Europie. Wspomagane one będą przez pięć innych stacji kontroli znajdujących się w różnych miejscach na powierzchni Ziemi oraz sieć 12 stacji, które śledzą orbity. Każdy satelita ma wymiary: 2,7 x 1,2 x 1,1 metra i będzie ważył około 700 kilogramów. Będzie stabilizowany względem trzech osi za pomocą żyroskopów, kół bezwładnościowych i sprzęgów magnetycznych. Na pokładzie będzie zainstalowana moc, która wyniesie 1600W. Satelity w swoim wyposażeniu będą posiadały również system korekcji z napędem hydrazydowym, który pomoże utrzymać im normalną pozycję na orbitach. Każdy satelita będzie miał ładunek użyteczny składający się z czterech zegarów atomowych – dwa rubidowe RASF (Rubidium Atomic Frequency Standard) i dwa bierne masery wodorowe S-PMH (Passive Hydrogen Maser). Będzie także posiadał układ elektroniczny generujący wysyłane sygnały. W jego skład będą również wchodziły nadajniki radiowe pracujące w Paśmie L<sup>12</sup> oraz niezbędne anteny<sup>13</sup>.

Pierwsze satelity zostaną umieszczone na orbitach w grupach od 4 do 10 jednostek, co umożliwi szybkie utworzenie całej konstelacji. Kiedy upłynie czas ich eksploatacji zostaną zastąpione nowymi satelitami. Stacje naziemne będą ciągle monitorować funkcjonowanie systemu, oraz dostarczą użytkownikom danych o jego statusie i wydajności. Dane te zostaną przekazane przez system Galileo, który będzie przekazywał dane dotyczące wiarygodności. Funkcja ta jest

---

<sup>11</sup> [http://www.nato.int/docu/review/2002/issue3/polish/debate\\_pr.html](http://www.nato.int/docu/review/2002/issue3/polish/debate_pr.html), z dnia 15.02.2008 roku.

<sup>12</sup> Fragment widma fal elektromagnetycznych w zakresie promieniowania mikrofalowego o częstotliwościach od 0,39 do 1,55 GHz.

<sup>13</sup> [http://www.motofakty.pl/artukul/galileo\\_europejskie\\_satelity.html](http://www.motofakty.pl/artukul/galileo_europejskie_satelity.html), z dnia 24.02.2008 roku.

bardzo ważna w zastosowaniach, w których jest potrzebne natychmiastowe potwierdzenie, że system działa prawidłowo na przykład w nawigacji lotniczej<sup>14</sup>.

Całkowita rozpiętość baterii słonecznych, które są umieszczone po bokach satelity sięgają 13 metrów długości. Baterie będą posiadać 1,5 kW mocy i będą zapewniać energię elektryczną dla satelity. Żywotność takiego satelity oszacowana jest na 15 lat (obecnie działające satelity systemu GPS mają dużo krótszą żywotność). Szacuje się, że odnawianie segmentu kosmicznego Galileo rozpocznie się już po upływie 12 lat.

#### **1.4 Jakie usługi świadczy system Galileo**

System Galileo według dzisiejszych planów świadczy pięć rodzajów usług. Pierwsze usługi są ogólnie dostępne (Open Access Service – OAS). Są to usługi podstawowe do określania położenia i dystrybucji czasu. Podobne usługi posiada system GPS. Są one bezpłatne, dostęp do nich jest publiczny i każdy użytkownik korzysta bez ograniczeń. Drugie w kolejności są usługi chroniące życie (Safety-of-Life – SoL). Swoim zasięgiem obejmują usługę OAS a także sygnał, który potwierdza wiarygodność danych. Serwis bezpieczeństwa życia SoL będzie globalnym serwisem dużej dokładności, mającym na celu podniesienie poziomu bezpieczeństwa, szczególnie w obszarach nieobjętych tak dokładnym serwisem przez inne systemy. Będzie on bezpłatny i będzie posiadał gwarancję. Serwis SoL określany też jest jako OPEN SERVICE + INTEGRITY DATA, dostarczać będzie ostrzeżeń o utracie integralności systemu w czasie okre-

---

<sup>14</sup> Tamże.

ślonej granicy alarmu czasowego. W serwisie tym utworzone będą dwa poziomy ryzyka: krytyczny znajdujący zastosowanie na przykład w lotnictwie, a w szczególności w operacjach związanych z lądowaniem oraz niekrytyczny, który znajdzie zastosowanie w operacjach mniej zagrożonych na przykład w nawigacji morskiej w akwenach otwartych. Kolejne usługi to komercyjne (Commercial Service – CS), są one kierowane do zastosowań biznesowych, które wymagają większej wydajności niż OAS. W usługach tych występują dwa dodatkowe sygnały zabezpieczone szyfrem klasy komercyjnej – odczytywane są one za pomocą odpowiedniego klucza dostępu. Dzięki nim będzie można świadczyć usługi zaawansowane, sprzedawane jako dodatek do usług podstawowych. Czwarte już z kolei to usługi publiczne regulowane (Public Regulated Service – PRS), wykorzystuje się je w działaniach kontrolowanych przez administracje państwową na przykład w obronie cywilnej, transporcie i obronności. W usługach tych nie może być mowy o zagłuszaniu i zakłóceniach elektromagnetycznych – muszą one być bardzo odporne. Występują w nich sygnały które są szyfrowane. Celem serwisu PRS jest zapewnienie autoryzowanym użytkownikom pełnej dostępności do sygnału Galileo. Do użytkowników tych można zaliczyć: Biuro Policji Europejskiej Europol, europejskie biuro do zwalczania oszustw OLAF, morską agencja bezpieczeństwa MSA, serwisy odpowiedzialne za bezpieczeństwo narodowe oraz kontrolę i nadzór granic państwowych, serwisy zaangażowane w przestępstwa lotnicze. Ostatnimi są usługi poszukiwawcze i ratunkowe systemu Gali-

leo (Search and Rescue Service – Sar), dzięki nim zwiększa się efektywność dotychczasowych usług<sup>15</sup>.

*W 1982 roku Stany Zjednoczone, Rosja, Kanada i Francja uruchomiły system COSPAS/SARSAT, który wykrywa i lokalizuje sygnały o częstotliwościach 406 MHz wysyłane przez nadajniki alarmowe stanowiące wyposażenie samolotów, statków i wypraw lądowych. Ponadto wysyła on do nadajnika alarmowego sygnał zwrotny informujący nadawców, że ich wiadomość została odebrana<sup>16</sup>. Ostatecznie system ten został wykreowany w Paryżu w 1988 roku. Przyłączyły się wtedy do niego Australia, Brazylia, Chile, Chiny, Dania, Grecja, Hiszpania, Indie, Indonezja, Japonia, Niemcy, Norwegia, Nowa Zelandia, Pakistan, Singapur, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania i Włochy. System COSPAS/SARSAT składa się z czterech elementów: boi ratunkowych, satelitów operujących na kołowych orbitach, stacji odbiorczych oraz centrów kontrolnych w Moskwie i Trenton. W przypadku awarii lub katastrofy boja ratunkowa, uruchamiana ręcznie lub automatycznie wysyła sygnał do satelity, przekazywany następnie do naziemnych stacji odbiorczych, skąd kierowany jest do centrów kontrolnych, które z kolei zawiadamiają najbliższej położone ośrodki zdolne do dotarcia na miejsce katastrofy i udzielenia niezbędnej pomocy.*

Galileo będzie wysyłał różne sygnały nawigacyjne, które będą zależęć od częstotliwości nośnej. Będą one odświeżane dzięki danym z sieci stacji kontrolnych. Takie sygnały składają się z kodu pseudolosowego używanego do pomiaru czasu propagacji oraz depe-

---

<sup>15</sup> <http://lokalizacja.info/gps/galileo/galileo-opis-systemu.html>, z dnia 25.02.2008 roku.

szy nawigacyjnej uzależnionej od konkretnych usług. Depesza nawigacyjna posiada trzy rodzaje informacji: po pierwsze są to wszystkie dane niezbędne do tego by obliczyć położenie odbiornika użytkownika (wskaźnik pokazujący czy satelita jest sprawny, czas systemowy Galileo (GST – Galileo System Time), wskaźnik statusu depeszy nawigacyjnej, odchylenie od GST wskazań różnych zegarów, efemerydy<sup>17</sup> satelitów w postaci parametrów orbity, uaktualniane co 12 godzin. Drugi rodzaj informacji to taki, który umożliwia zwiększenie dokładności określania pozycji (podstawowy model korekcji jonosferycznej – błędy które powstają używając jednej częstotliwości dochodzą do 45 metrów, ale można je zmniejszyć do dopuszczalnej sfery używając dwóch częstotliwości oraz opróżnienie grupowe, które uwzględnia czas przesyłania w obrębie samego satelity). Trzeci jest to rodzaj informacji, który obejmuje elementy ogólne, dzięki którym łatwiejszy jest odbiór sygnałów satelitarnych (dodatkowy wskaźnik pokazujący sprawność satelity, różnice pomiędzy uniwersalnym czasem koordynowanym (Universal Time Coordinated – UTC) a GST, almanach<sup>18</sup>, które zawierają podobne parametry orbit satelitów konstelacji, dane dotyczące wiarygodności. Dane te zawierają łącznie kilka tysięcy bitów, a większą część zajmuje almanach. Almanach w znacznym stopniu zmniejsza czas potrzebny do rozpo-

---

<sup>16</sup> Akademe de Marine, dz. cyt., s. 27.

<sup>17</sup> Informacja transmitowana przez każdego satelitę na temat wszystkich satelit, zawierająca dokładne wielkości parametrów ich orbit, niezbędnych do poprawnego określania ich pozycji i czasu.

<sup>18</sup> Informacja transmitowana przez każdego satelitę na temat wszystkich satelit, dotycząca aktualnego stanu systemu. Zawiera dane na temat sprawności każdego satelity oraz przybliżone parametry keplerowskich elementów orbit.

częcia odbioru sygnałów satelitarnych i inicjalizacji odbiornika, który może bez niego istnieć około półtorej minuty<sup>19</sup>.

### **1.5 Europa wdraża swój system EGNOS nie czekając na Galileo**

Zalecenia międzynarodowej organizacji lotnictwa cywilnego (ICAO – International Civil Aviation Organisation) były takie, by nie czekać na systemy takie jak Galileo, tylko wprowadzać systemy regionalne, które rozszerzają GPS. Nadrzędnym celem tego przedsięwzięcia jest to, by zapewnić pełne bezpieczeństwo dzięki stałemu monitorowaniu wiarygodności GPS oraz zwiększeniu jego dokładności przez wprowadzenie korekcji danych<sup>20</sup>.

W Stanach Zjednoczonych opracowanie systemu, który byłby różnicowany o dużym zasięgu (Wide Area Augmentation System WAAS) zostało zlecone przez Federalny Urząd Lotnictwa (Federal Aviation Authority – FAA). We współpracy z przemysłem europejskim Japonia opracowuje system różnicowy, który wykorzystuje satelity MTSAT. Europa natomiast zajęła się budowaniem systemu ENGOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). ENGOS posiada trzy zadania do wykonania, mające gwarantować dokładność danych nawigacyjnych dla użytkowników systemu GPS oraz Glonass w Europie. Dzięki temu systemowi będzie monitorowany status systemu GPS, będą przesyłane dane w czasie rzeczywistym o swoim statusie dla użytkowników – głównie chodzi tutaj o samoloty wykorzystujące GPS jako pomoc w końcowej fazie podejścia do lądowania. Poprawi się również ogólna dokładność systemu.

---

<sup>19</sup> Jacek Januszewski, *Systemy satelitarne GPS, Galileo i inne*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 280, 281.

W takim celu zbiera się dane GPS przez sieć 34 stacji, które kontrolują wiarygodność i monitorują (RIMS – Ranking Integrity and Monitoring Stations). Dane te wykorzystuje się do obliczania poprawek różnicowych dla użytkowników, którzy znajdują się blisko jednej ze stacji. Wszystkie stacje mają dwa osobne kanały odbiorcze. Niektóre z tych stacji posiadają trzeci kanał – będzie on wykorzystywany do wykrywania usterek w systemie GPS<sup>21</sup>.

Dane przesyła się do centrów przetwarzania, i tam właśnie oblicza się poprawki i tworzone wiadomości z danymi o statusie. Przewiduje się, że powstaną cztery takie centra. Generuje się również sygnał nawigacyjny ENGOS, który jest zsynchronizowany z sygnałem GPS. Taki sygnał będzie przysyłać wiele stacji do trzech satelitów geostacjonarnych. Dwa satelity będą typu INMARSAT -3 i jeden typu ARTEMIS. Będą one przysyłać do użytkownika sygnał nawigacyjny i dane korekcyjne oraz wiarygodnościowe. W skład systemu ENGOS wchodzi również:

- sieć telekomunikacyjna, która łączy wszystkie elementy segmentu naziemnego;
- centra przetwarzania końcowego, które są odpowiedzialne za pomoc techniczną i konserwację;
- system kwalifikacji i certyfikacji dla lotnictwa cywilnego<sup>22</sup>.

Sygnały GPS będą odbierane przez użytkowników z poprawkami różnicowymi, będą oni również odbierać sygnały nawigacyjne

---

<sup>20</sup> [http://www.voip.gsm.pl/art\\_32368.html](http://www.voip.gsm.pl/art_32368.html), z dnia 26.02.2008 roku.

<sup>21</sup> [http://galileo.kosmos.gov.pl/index2.php?option=content&do\\_pdf=1&id=20](http://galileo.kosmos.gov.pl/index2.php?option=content&do_pdf=1&id=20), z dnia 27.02 2008 roku.

<sup>22</sup> <http://uriasz.am.szczecin.pl/dorobek/egnos.html>, z dnia 27.02.2008 roku.

zgodne z GPS z trzech satelitów geostacjonarnych. W takim wypadku możemy powiedzieć, że ENGOS:

- poprawia dokładność,
- przesyła takie informacje, które są zgodne z sygnałami GPS,
- umożliwia w pełni bezpieczne użytkowanie systemu.

W roku 2004 ENGOS zaczął funkcjonować w Europie. Rozpoczęły się wtedy wstępne testy sprawdzające lot i podejście do lądowania systemu ENGOS. Dokładność określania pozycji wyniosła poniżej pięciu metrów, zarówno w pionie jak i w poziomie. Niektóre z funkcji ENGOS będzie się wprowadzać w systemie Galileo przy globalnym pokryciu. Infrastruktura zabudowana dla systemu ENGOS będzie wykorzystywana w segmencie kontroli wiarygodności Galileo<sup>23</sup>.

Global Navigation Satellite System-1 jest to nazwa systemu GPS poszerzonego o system ENGOS i jego odpowiedniki. Systemy, które są traktowane jako całość tak jak: GPS, Glonass czy też Galileo i są rozszerzone o system ENGOS lub inne równorzędne usługi i dane różnicowe nazywa się Global Navigation Satellite System-2, czyli w skrócie GNSS.

## **1.6 Segment naziemny systemu Galileo**

Segment naziemny systemu Galileo można podzielić na dwa oddzielne i niezależne segmenty. Pierwszy z nich to naziemny segment kontroli satelitów GCS (Ground Control System) natomiast drugi to naziemny segment kontroli funkcjonowania całego systemu

---

<sup>23</sup> [http://galileo.kosmos.gov.pl/index2.php?option=content&do\\_pdf=1&id=20](http://galileo.kosmos.gov.pl/index2.php?option=content&do_pdf=1&id=20), z dnia 27.02 2008 roku.



GMS ( Grodnu Mission System). Każdy z tych dwóch segmentów ma do spełnienia określone zadania. Do głównych zadań segmentu GCS możemy zaliczyć podejmowanie działań na bliższą i dalszą przyszłość celem zapewnienia nieprzerwanego funkcjonowania całego systemu i jego globalnego zasięgu, opracowanie strategii uzupełniania konfiguracji satelitów, kontrola stanu technicznego poszczególnych satelitów oraz utrzymanie ustalonej konfiguracji satelitów. Natomiast segment GMS spełnia takie zadania jak rozsyłanie danych systemu, bieżący nadzór na funkcjonowaniem całego systemu, bieżące utrzymywanie wszystkich serwisów systemu (nawigacyjnych, czasu) oraz bieżący nadzór nad funkcjonowaniem całego systemu. W specjalistycznych opracowaniach można już znaleźć bardzo szczegółowe schematy blokowe segmentów GCS i GMS. Segmenty posiadają dwa wspólne bloki. Blok pierwszy ma za zadanie zarządzać kodami systemu KMF (Key Managment Facilities), który ma kluczowe znaczenie w sprawach bezpieczeństwa i ochrony systemu, natomiast ten drugi blok zarządza i kontroluje segment naziemny GACF (Grodnu Asset Control Facility), który kontroluje stacje naziemne i zapewnia łączność między nimi<sup>24</sup>.

W celu zapewnienia jak najlepszego połączenia i zintegrowania wszystkich wykonywanych operacji segmenty GCS i GMS będą miały zaimplementowane wspólne funkcje monitorowania i kontroli Grodnu Asset Monitor & Control, zajmujące się monitorowaniem i kontrolą wszystkich stacji naziemnych systemu, zapewniającą tym samym właściwy przepływ wszystkich informacji pomiędzy nimi,

---

funkcje zaopatrzenia serwisu Services & Products Provision, odpowiadającą za wszystkie funkcje przekazywania jednostkom zewnętrznym sygnałów i różnego rodzaju informacji oraz funkcja zarządzania bezpieczeństwem systemu Security Managment, która zajmuje się dystrybucją i zarządzaniem kodami systemu oraz szeroko pojętym bezpieczeństwem i ochroną systemu<sup>25</sup>.

Segment GCS składa się z pięciu stacji sterujących TT&C (telemetry, Telecommand and Ranging Stations – stacji telemetrii, przesyłu komend i pomiaru pseudoodległości) wyposażonych w jedenastometrowe anteny pasma S i zapewniających ciągłą kontrolę wszystkich satelitów. Kontroli tej dokonuje blok SCF (Satellite Control Facility), który utrzymuje łączność z satelitami, gdyż stacje TT&C są zarówno stacjami nadawczymi, jak i odbiorczymi<sup>26</sup>.

Jeśli chodzi o segment GMS to monitoruje on sygnały docierające z satelitów za pomocą sieci stacji śledzących GSS (Grodnu Sensor Station), tak rozmieszczonych na kuli ziemskiej, aby sygnał z każdego satelity był w każdym momencie odbierany przez co najmniej pięć stacji. Dane odebrane z satelitów będą poprzez sieć stacji GSS trafiać do stacji kontrolnych GCC (Galileo Control Center), w którym zostanie dokonana ich dalsza obróbka<sup>27</sup>.

---

<sup>24</sup> <http://galileo.kosmos.gov.pl/index.php?option=content&task=view&id=20&Itemid=48>, z dnia 15.01.2008 roku.

<sup>25</sup> <http://lokalizacja.info/gps/galileo/galileo-opis-systemu.html>, z dnia 15.01.2008 roku.

<sup>26</sup> <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/7835/21554/00998920.pdf?temp=x>, z dnia 16.01.2008 roku.

<sup>27</sup> [http://www.esa.int/esaNA/SEM5K8W797E\\_galileo\\_2.html](http://www.esa.int/esaNA/SEM5K8W797E_galileo_2.html), z dnia 16.01.2008 roku.

## **2. Praktyczna strona systemu Galileo**

### **2.1. Korzyści z wprowadzenia systemu na rynek**

Wejście systemu Galileo na rynek, który od lat był zdominowany przez system GPS oznacza, że użytkownicy z całego świata będą mieć oferowane nowe i nieznane dotychczas usługi. Korzyści wpływające z tego faktu można podzielić na cztery rodzaje:

- ekonomiczne,
- socjalne,
- strategiczne,
- techniczne.

W pierwszych korzyściach ekonomicznych popyt na usługi oferowane przez system nawigacji satelitarnej wzrasta od końca XX wieku. Już w 1999 roku takie systemy znalazły swoje zastosowanie nie tylko w sektorze wojskowym, ale głównie w: transporcie drogowym, kolejowym, morskim, lotnictwie, rolnictwie czy też kartografii. W kolejnych latach notowano duży wzrost we wszystkich tych sektorach, ale największy komunikacji i łączności oraz transporcie<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> [http://www.motofakty.pl/artykul/galileo\\_europejskie\\_satelity.html](http://www.motofakty.pl/artykul/galileo_europejskie_satelity.html), z dnia 12.05.2008 roku.

**Tabela 1. Prognozowany popyt na usługi oferowane na świecie przez system Galileo w 2015 roku**

<b>Sektor rynku</b>	<b>Wartość usług w mln EURO</b>
Prowadzenie wszelkiego rodzaju pojazdów	12600
Usługi wszelkiego rodzaju	5100
Ruch pieszych	1500
Zarządzanie pojazdami	900
Namierzanie pojazdów	600
Rekreacja	190
Nawigacja osobista	120
Poszukiwanie drogi	110
Kartografia	100
Serwisy ratownicze	150
Inne	750
<b>Łącznie</b>	<b>22 000</b>

*Jacek Januszewski, Systemy satelitarne GPS, Galileo i inne, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 273.*

W powyższej tabeli jest podany przewidywany udział systemu Galileo w 2015 roku w światowym rynku usług systemów nawigacji satelitarnej, oczywiście biorąc pod uwagę 10 najważniejszych sektorów. Popyt w tym przypadku szacuje się na 22 mld EURO w tym na samo prowadzenie pojazdów zostanie wydanych 12,6 mld EURO co daje około 57%. System Galileo według twórców i inwestorów ma przynieść spore zyski i to już kilka lat po jego uruchomieniu. Swoje nadzieje opierają na tym, że w roku 1999 w Europie, eksploatacja systemu GPS wyniosła około 1 mld EURO, a w roku 2005 były już kilka razy większe. Przewidywane zyski w 2015 roku to 22 mld Euro na świecie, a w tym aż 9 mld EURO w Europie.

W korzyściach socjalnych chodzi głównie o to, że gdy oddamy system Galileo do eksploatacji, to zostanie zwiększona wydajność i bezpieczeństwo transportu. W tym przypadku wzrośnie również płynność ruchu i zmniejszy się zanieczyszczenie środowiska naturalnego a to z kolei doprowadzi do polepszenia jakości życia i stanu zdrowia całego społeczeństwa. Jeśli chodzi korzyści strategiczne to oddanie systemu Galileo do eksploatacji przyniesie to korzyści głównie w Europie. Europa zyska wtedy niezależność na rynku produkcji i usług nawigacji satelitarnej, który jak dotąd był zdominowany przez USA i Rosję. Przyczyni się to również do wzmocnienia Unii Europejskiej na arenie międzynarodowej oraz powstania nowych miejsc pracy i dalszego rozwoju politycznego, ekonomicznego i społecznego całej Europy. Oddanie systemu Galileo do eksploatacji biorąc pod uwagę korzyści techniczne zwiększy dostępność systemów satelitarnych w terenach miejskich o gęstej i wysokiej zabudowie. W chwili obecnej w pełni operacyjny system GPS jest dostępny w tych rejonach w zaledwie 50%. Zwiększy się również dostępność tych systemów na dużych szerokościach geograficznych, co doprowadzi zwiększenia bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego jak również wojskowego<sup>29</sup>.

## **2.2 Przewidywana liczba użytkowników**

Na początku XXI wieku pojawiła się pierwsza oszacowana liczba potencjalnych użytkowników systemu Galileo w poszczególnych rejonach świata. Największa część użytkowników systemów sateli-

---

<sup>29</sup> <http://www.grandsoft.pl/index.htm?http://www.grandsoft.pl/galileo/galileo.htm>, z dnia 11.05 2008 roku.

tarnych związana będzie z telefonią komórkową i nawigacją satelitarną w ruchu drogowym. Według prognoz, aż 72% Europejskich użytkowników będzie związanych z telefonią komórkową a 23% z nawigacją samochodową, i zostaje jeszcze 5 % po 1% dla takich dziedzin jak: pomiary i badania naukowe, lotnictwo, rekreacja, nawigacja morska oraz zarządzanie flotą pojazdów. W następnych kilkunastu latach należy się spodziewać w dalszym ciągu bardzo szybkiego wzrostu użytkowników telefonów komórkowych z wbudowanym systemem GNSS. W roku 2020 takich użytkowników ma być -10 mld w tym najwięcej w Azji centralnej między innymi w Chinach. Również do roku 2020 około 500 mln pojazdów będzie wyposażonych w odbiorniki systemów satelitarnych, gdzie największym rynkiem będzie Europa<sup>30</sup>.

### **2.3 Bezpieczeństwo systemu Galileo**

Bezpieczeństwo i obronność związane z projektem Galileo mają bardzo istotne znaczenie strategiczne. Kluczową rolę w zastosowaniach systemu Galileo związanych właśnie z bezpieczeństwem i obroną odgrywają usługi publiczne regulowane (Public Regulated Service – PRS). Usługi takie pozwolą odzyskać Europie pełną suwerenność w dziedzinach dotyczących wprowadzania własnych systemów uzbrojenia, jak również ich sprzedaży za granicę. Same usługi PRS byłyby wystarczające by uruchomić program Galileo. Ważnym postanowieniem jest ustanowienie rady nadzorczej, która będzie miała za zadanie kontrolowanie nad aspektami programu, które są związane z bardzo dużym ryzykiem na przykład: do-

---

<sup>30</sup> [http://www.furrynet.org/~nrm/galileo/budowa\\_galileo.htm](http://www.furrynet.org/~nrm/galileo/budowa_galileo.htm), z dnia 11.05.2008 roku.

starczanie odbiorników z szyfrowaniem lub zarządzanie kluczami szyfrującymi i tym podobne. Jeśli chodzi o sprzeciw Stanów Zjednoczonych wobec PRS to należałoby przedyskutować ten problem to należałoby przedyskutować ten problem pomiędzy europejskimi partnerami zwłaszcza Francją i Wielką Brytanią w celu wprowadzenia tej usługi<sup>31</sup>.

System GPS i Glonass zaprojektowano myśląc o potrzebach wojskowych, a z następstwem czasu wprowadzono go do zastosowań cywilnych. Zastosowanie te nabrały ogromnego znaczenia, natomiast Galileo jest z założenia systemem cywilnym. Jego głównym zadaniem jest to by uzupełnić system amerykański tak by Europa mogła wносить wkład do zastosowań na przykład komercyjnych. Kolejnym bardzo ważnym zadaniem jest to by zapienić ciągłość świadczenia usług. W takim przypadku system Galileo przewiduje wiele, różnej jakości usług cywilnych, takich jak:

- usługi komercyjne (OAS),
- usługi otwarte (CS),
- usługi związane z bezpieczeństwem życia (Safety of Life – Sol)<sup>32</sup>.

Oczywiste stało się to, że niektóre zastosowania mają charakter strategiczny w przypadku obrony cywilnej czy zarządzania w przypadku katastrof nuklearnych i dlatego konieczne są środki bezpieczeństwa, które zagwarantują ciągłość świadczenia usług w niektórych zastosowaniach, będą zapewnić ochronę samego systemu przez

---

<sup>31</sup> Akademie de Marine, dz. cyt., s. 95.

<sup>32</sup> [http://64.233.183.104/search?q=cache:kZzXqUaqAbEJ:www.kpp.org.pl/img\\_upload/files/TEN\\_282\\_Zielona\\_ksiega\\_w\\_sprawie\\_nawigacji\\_satelitarnej.doc+us%C5%82ugi+galileo&hl=pl&ct=clnk&cd=1&gl=pl](http://64.233.183.104/search?q=cache:kZzXqUaqAbEJ:www.kpp.org.pl/img_upload/files/TEN_282_Zielona_ksiega_w_sprawie_nawigacji_satelitarnej.doc+us%C5%82ugi+galileo&hl=pl&ct=clnk&cd=1&gl=pl), z dnia 12.05.2008 roku

działaniami z zewnątrz, zapobiegną wykorzystaniu go przeciwko jego operatorom blokując dostęp<sup>33</sup>.

Pomimo tego, że Galileo jest systemem cywilnym, zarządzanym przez instytucje cywilne to usługa PRS daje mu takie funkcje, które są prawie takie same, jakie posiada GPS. Różnica, jaka dzieli GPS i Galileo to taka, że GPS są odporne na wybuchy jądrowe w górnych warstwach atmosfery a Galileo nie. Dzięki Galileo Europa uzyska nowy poziom w polityce obronnej.

## **2.4 Obecne uzależnienie Europy od Stanów Zjednoczonych**

Do czasu uruchomienia systemu Galileo jedynym rozwiązaniem dla Europy jest wyposażenie tego systemu w odbiorniki GPS, które SA zdolne do odbierania szyfrowego sygnału precyzyjnego wyznaczania pozycji (Precise Positioning Service – PPS). Stany Zjednoczone wydały takie przepisy dotyczące wykorzystania PPS, że kraje europejskie będą uzależnione politycznie, strategicznie, technologicznie, gospodarczo oraz przemysłowo. Jeśli chodzi o zasady doktryny Stanów Zjednoczonych to pierwszą z nich jest możliwość zablokowania używania GPS przez służby cywilne na dowolnych obszarach operacyjnych poprzez zakłócenia odpowiednich częstotliwości. Wojsko używa takich częstotliwości, aby nie podlegały one zakłóceniu, tak więc wniosek z tego taki, że z systemu będą tylko i wyłącznie korzystać użytkownicy wojskowi, którzy będą odbierać specjalnie szyfrowane sygnały<sup>34</sup>.

---

<sup>33</sup> Akademe de Marine, dz. cyt., s. 96.

<sup>34</sup> <http://cfo.cxo.pl/artykuly/46996.html>, z dnia 13.05.2008 roku.



Dekodowanie sygnałów wymaga odbiorników, które są wyposażone w moduły kryptograficzne<sup>35</sup> i klucz (dysponują nimi Stany Zjednoczone). Jeszcze do niedawna władze korzystające z eksportu uzbrojenia Foreign Military Service (FMS) mogły kupić moduł kartograficzny, który zawiera dwa układy scalone od Stanów Zjednoczonych, a później przekazać go firmie, która zainstalowałaby go w systemie uzbrojenia. W nowym systemie GPS Stany Zjednoczone wprowadziły nieco inny moduł szyfrowania, Selective Availability AntiSpoofing Module (SAASM). Moduł ten posiada układ scalony, który stanowi od 75% do 80% całego odbiornika<sup>36</sup>.

Jeśli chodzi o eksport to Stany Zjednoczone ustaliły listę zawierającą 32 kraje i użytkowników prywatnych, w tym również 17 krajów NATO nie wliczając w to USA, które są uprawnione do obierania PPS. Jeśli jeden z tych krajów zakupi inny system uzbrojenia, który wymaga używania wojskowych odbiorników GPS poza Stanami Zjednoczonymi, to wtedy władze tego kraju będą musiały sprowadzić ze Stanów Zjednoczonych odpowiedni moduł szyfrowania z użyciem Procedury FMS (Flight Management System)<sup>37</sup>. Następnie będą musiały przekazać ten moduł firmie, która go dostarczy i zainstaluje w danym kraju. Kraje lub użytkownicy prywatni, którzy nie są umieszczeni na tej liście nie mogą korzystać z wojskowych odbiorników GPS<sup>38</sup>.

---

<sup>35</sup> Moduły kryptograficzne mogą być tworzone przez niezależnych programistów. Korporacje mogą opracowywać własne ich wersje opierające się na firmowym sprzęcie bez publikacji swoich kodów źródłowych. Administrator definiuje w tekstowych plikach konfiguracyjnych tzw. polityki, określające wymogi niezbędne dla udostępnienia (lub nie) poszczególnych usług i aplikacji.

<sup>36</sup> <http://cfo.cxo.pl/artykuly/46996.html>, z dnia 13.05.2008 roku.

<sup>37</sup> Jest to system zarządzania lotem.

<sup>38</sup> <http://www.lopuszanski.pl/index.php3?x=serwis/pliki/57>, z dnia 13.05.2008 roku.

Ta amerykańska doktryna, która dotyczy GPS jest zrozumiała z punktu widzenia interesów strategicznych, ale jednak prowadzi do uzależnienia Europy z poważnymi konsekwencjami o różnym charakterze. Możemy wymienić cztery rodzaje konsekwencji:

1. Konsekwencje strategiczne
2. Konsekwencje gospodarcze
3. Konsekwencje polityczne
4. Konsekwencje dla przemysłu i rozwoju technologii

Jeśli chodzi o konsekwencje strategiczne to system, który został narzucony przez Stany Zjednoczone jest do przyjęcia w takim przypadku, gdy mamy do czynienia z dużymi operacjami, podejmowanymi w koalicji z tym krajem. Jeśli jednak zaistnieje taka sytuacja, że zostanie jakaś operacja podjęta samodzielnie to Stany Zjednoczone mogą uruchomić systemy uzbrojenia wyposażone w odbiorniki GPS, należące do krajów europejskich, które w niej uczestniczą. Prawdopodobieństwo takiej sytuacji jest bardzo małe, lecz nie możemy jej zupełnie wykluczyć, ponieważ zmiany na arenie geopolitycznej są nie do przewidzenia, ale daje to Stanom Zjednoczonym możliwość wywierania presji i ograniczania swobody Europy. Konsekwencje gospodarcze dotyczą się między innymi firm amerykańskich, które konkurują z partnerami europejskimi w dostawach systemów uzbrojenia i znajdują się w pozycji uprzywilejowanej. Konsekwencje polityczne dotyczą braku kontroli nad składnikiem wszystkich systemów uzbrojenia, co jest w coraz większym stopniu postrzegane na świecie jako następny dowód uzależnienia Europy od Stanów Zjednoczonych. Ostatnie konsekwencje dotyczą przemysłu i rozwoju technologii. Powstaje tutaj faktyczny monopol Stanów

Zjednoczonych w kwestii produkcji odbiorników wojskowych zaawansowanych technicznie stanowiących bardzo ważny udział w światowym rynku odbiorników oraz stymulujących rozwój technologii w tej dziedzinie<sup>39</sup>.

## **Podsumowanie**

Systemy nawigacji satelitarnej stale się rozwijają. Dotyczy to zwłaszcza GPS. Satelity wymieniane w ramach ustalonych programów mogą być wyposażone w nowe funkcje z zachowaniem zgodności z dotychczasowymi funkcjami. Aby jednak nowe funkcje można było w pełni wykorzystać, trzeba wymienić wszystkie satelity w konstelacji, co może trwać około 10 lat. Modernizacja taka jest więc możliwa, ale należy ją przygotować z dużym wyprzedzeniem.

W przypadku GPS w planach przewiduje się kilka bardzo istotnych zmian dotyczących udzielenia dostępu do niektórych kodów w paśmie L2, co pozwoli to wszystkim użytkownikom na lepszą korektę błędów spowodowanych opóźnieniem jonosferycznym, co znacznie poprawi dokładność w zastosowaniach wymagających obliczeń w czasie rzeczywistym. Transmisja sygnałów GPS w trzecim paśmie częstotliwości L5 poprawi wiarygodność, a w szczególności ułatwi tworzenie precyzyjnych aplikacji kinematycznych wykorzystujących pomiar fazy sygnału nośnego

W odniesieniu do dalszej przyszłości, administracja GPS zainicjowała program badań, który powinien zaowocować uruchomieniem w 2012 roku systemu GPS-III. Wystosowano apel do społecz-

---

<sup>39</sup> <http://lokalizacja.info/baza-wiedzy/artykuly/kosmiczny-wyscig.html>, z dnia 14.05.2008 roku.

ności międzynarodowej o zgłaszanie pomysłów dotyczących ewentualnego wprowadzenia zmian. Mimo, że modernizacja będzie dotyczyła pokładowych zegarów atomowych, liczby satelitów, nowych częstotliwości oraz kodów bardziej odpornych na celowe zakłócenie. GPS-II może też zostać wyposażony w nowe funkcje, takie jak przesyłanie danych dotyczących integralności. Dzięki temu będzie on w przyszłości mógł dorównywać systemowi Galileo.

Projektowanie systemów operacyjnych wymaga rozważenia wielu możliwych wersji architektury i algorytmów. Ponadto technika stale się rozwija. Konieczna jest poprawa jakości samych systemów, ponieważ wpływa ona bezpośrednio na pewność danych używanych do wyznaczania pozycji. Wobec ograniczonego potencjału rynkowego zastosowań oceanicznych słaba jest motywacja do opracowania takich systemów w niedalekiej przyszłości. Wydaje się jednak prawdopodobne, że dzięki udostępnieniu systemów wysokiej jakości, takich jak Galileo lub GPS poziom dokładności poprawi się, co zwiększy obszar omawianych tu zastosowań technicznych, a jednocześnie obniży koszty systemów operacyjnych.

Światowy rynek nawigacji satelitarnej odnotował w ciągu ostatnich dziesięciu lat spektakularny wzrost. Rynek ten, obejmujący aplikacje i urządzenia, ma znaczną wartość i jest jednym z najszybciej rozwijających się rynków zaawansowanych technologii. Oczekuje się, że w ciągu tego roku w samej Unii Europejskiej sprzedaż odbiorników GNSS osiągnie poziom 10 milionów sztuk, a w roku 2011 powinna wynieść ok. 230 milionów sztuk. Rynek globalnej nawigacji satelitarnej stanie się ważnym czynnikiem rozwoju globalnej gospodarki po 2010 r., a Europa nie może sobie pozwolić na

to, by nie odgrywać ważnej roli w tej dziedzinie, dlatego też europejskie programy GNSS mają znaczenie strategiczne. Jest oczywiste, że dostawcy systemów GNSS będą mieli znaczny wpływ na wszystkie istotne decyzje dotyczące użytkowników tych systemów, takie jak określanie lub aktualizowanie norm, zapewnianie lokalnej ciągłości dostępu, ustalanie polityki kontroli eksportu rozwiązań przemysłowych oraz zabezpieczanie przyszłych potrzeb użytkowników poprzez modernizowanie systemu. Unia Europejska nie może pozostawić tych ważnych decyzji w całości do rozstrzygnięcia przez inne państwa zgodnie z ich polityką, ponieważ decyzje te mają wpływ na znaczną część europejskiej gospodarki. Ukończenie systemu Galileo jest zatem dla Unii Europejskiej niezbędną inwestycją w infrastrukturę. Rozwojowi systemu Galileo muszą oczywiście towarzyszyć szczególnie działania zmierzające do opracowania zastosowań i usług, które pomogą europejskiemu przemysłowi w osiągnięciu mocnej pozycji, wypracowaniu wiedzy fachowej i umożliwieniu niszowych zastosowań. To przyczyni się do powstawania i rozwoju małych i średnich przedsiębiorstw oraz wytworzy miejsca pracy wysokiej jakości. Galileo i EGNOS powinny zatem być postrzegane jako inwestycja, która umożliwi Europie zdobycie, rozwinięcie i utrzymanie znacznego udziału w rynku GNSS. Galileo zwiększy wartość publicznych korzyści płynących z globalnych systemów nawigacji satelitarnej w obszarach takich jak zatrudnienie, ochrona środowiska dzięki zmniejszeniu zatłoczenia dróg oraz możliwości stosowania krótszych i bardziej bezpośrednich tras, prowadzącym do zmniejszenia zużycia paliwa, korzyści społecznych, umożliwi zwiększenie wydajności usług publicznych (służby poszukiwawczo-

ratownicze, straż pożarna i pogotowie ratunkowe, ochrona), gospodarki (rolnictwo, rybołówstwo, transport) oraz zarządzanie ograniczonymi zasobami publicznymi (w lotnictwie).

System Galileo przyniesie również liczne dodatkowe korzyści bezpośrednie. Nastąpi nie tylko znaczne zwiększenie dostępności nawigacji satelitarnej w większych miastach dzięki połączonemu użyciu GPS i Galileo – oprócz tego projekt systemu Galileo przewiduje również możliwość pozycjonowania satelitarnego w pomieszczeniach. Poprawie ulegnie dokładność nawigacji satelitarnej a „konkurencja” między GPS i Galileo zaowocuje dalszymi innowacjami w dziedzinie nawigacji satelitarnej, z których skorzystają użytkownicy na całym świecie. Innowacje te będą dotyczyły na przykład większej dokładności i lepszych możliwości pozycjonowania w budynkach w stosunku do GPS-II oraz poprawę jakości sygnału dla masowego odbiorcy wspólną dla GPS-III i Galileo. System Galileo jest poza tym zoptymalizowany pod kątem zastosowań cywilnych dzięki swoim pięciu funkcjonalnym usługom. Daje to możliwość zaspokojenia nowych potrzeb rynków transportu drogowego, morskiego i lotniczego, których nie zaspokajają istniejąca technologia. Dzięki Galileo zminimalizowane zostaną wszelkie ryzyka wiążące się z zależnością od jednego źródła. Ma to znaczenie na przykład w przypadku stosowania sygnałów czasu do celów synchronizacji sieci łączności elektronicznej i sieci elektroenergetycznych. Wreszcie ramy prawne, w jakich powstaje Galileo, jasno i jednoznacznie rozstrzygają kwestie odpowiedzialności. Odpowiedzialność ma bowiem zasadnicze znaczenie dla podmiotów publicznych i prywatnych przy

wdrażaniu nowych usług dla obywateli bądź odbiorców komercyjnych.