

Doroczny przegląd GNSS

Będzie tylko lepiej

Fot. ESA

Już w 2020 roku będziemy mieli do dyspozycji cztery w pełni operacyjne globalne systemy nawigacji satelitarnej. Żaden z ich administratorów nie zamierza jednak spoczywać na laurach. Wszyscy zapowiadają wdrażanie kolejnych nowych i przydatnych technologii.

Jerzy Królikowski

Śledząc postępy w budowie i rozbudowie poszczególnych systemów satelitarnych, można by dojść do wniosku, że wprawdzie prace te dają pewne korzyści, ale „bez szału” – przecież to tylko dodatkowe satelity i częstotliwości. Nic bardziej mylnego! Trzeba bowiem pamiętać o tym, że najstarsze aparaty GPS pracują nieprzerwanie już nawet od połowy lat 90. Kto z nas chciałby użytkować samochód wyprodukowany w tym okresie? A przecież postęp technologiczny w dziedzinie nawigacji satelitarnej jest nie mniejszy niż w motoryzacji.

● GPS: III generacja to nie koniec

Po wielu miesiącach zastoju modernizacja amerykańskiego systemu nawigacji nabiera wreszcie tempa. 23 grudnia 2018 roku z powodzeniem wystrzelono pierwszego satelitę GPS III generacji. Był to moment długo wyczekiwany, gdyż w czasie podpisywania z firmą Lockheed Martin kontraktu na budowę tych aparatów zakładano, że pierwszy start nastąpi jeszcze w roku 2014.

Tej niecierpliwości nie ma się co dziwić, bo nowy blok satelitów ma przynieść wiele korzyści. Z punktu widzenia użyt-

kowników cywilnych najważniejszy jest nowy podstawowy sygnał L1C, który zastąpi dotychczasowy L1 C/A. Po pierwsze, będzie on kompatybilny z analogicznymi sygnałami nadawanymi w innych systemach GNSS, co ułatwi wytworzenie odbiorników wielosystemowych. Po drugie, ma zapewnić wyższą dokładność pozycjonowania w trudnych warunkach pomiarowych, szczególnie w „miejskich kanionach”. Dodajmy, że L1C ma charakterystyczną wsteczną kompatybilność, co oznacza, że starsze odbiorniki powinny bez problemu z niego korzystać.

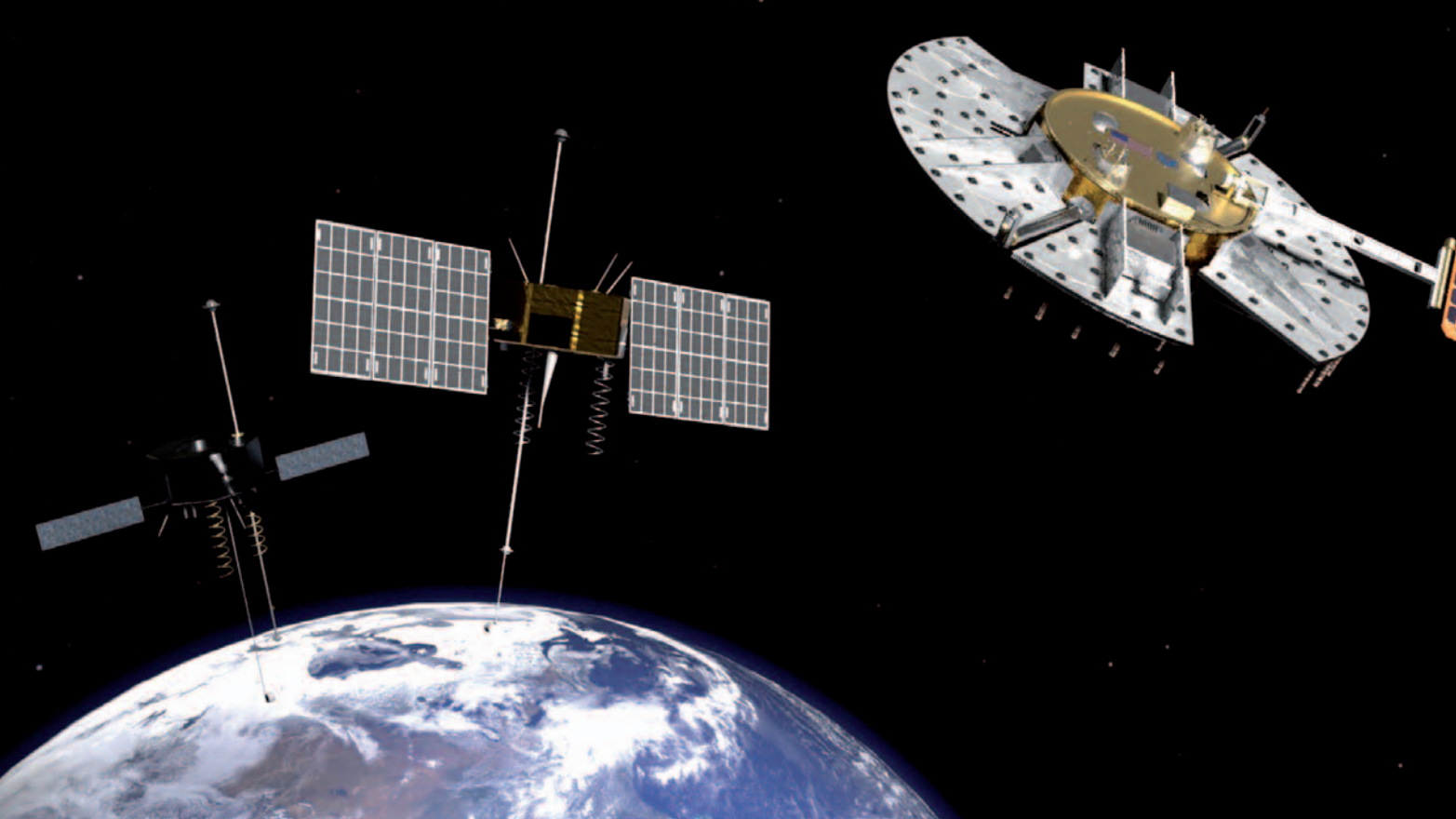
Wystrzeliwanie kolejnych satelitów III generacji oznacza także coraz lepszą dostępność innych nowych sygnałów GPS – L2C oraz L5. Podkreślmy jednak, że „jedna jaskółka wiosny nie czyni”. Globalne pokrycie L2C ma zostać osiągnięte dopiero w 2021 roku, a L5 – w 2024. W przypadku L1C musimy się jeszcze bardziej uzbroić w cierpliwość. Jego pełna dostępność jest planowana dopiero pod koniec przyszłej dekady.

Dodajmy, że nową generację GPS wyróżnia także dłuższa żywotność satelitów (oczekiwany czas pracy wzrósł z 12 do 15 lat). Nowością jest ponadto użycie do ich wyniesienia na orbitę rakiety wielokrotnego użytku Falcon 9, co pozwala znacznie obniżyć koszty operacji.

Choć budowa III generacji GPS dopiero się rozpoczęła, administrator systemu już pracuje nad wdrażaniem coraz nowszych technologii nawigacyjnych. Ich przetestowanie będzie celem misji satelity NTS-3 (*Navigation Technology Satellite*), którego wystrzelenie zaplanowano na rok 2022. Z analizy informacji prasowej US Army na ten temat wynika, że kolejna generacja ma być przede wszystkim odpowiedzią na rosnące zagrożenie zakłócaniem sygnałów GNSS, szczególnie podczas działań wojennych. Aparat zostanie bowiem wyposażony m.in. w platformę AWP (*Agile Waveform Platform*). Jest to cyfrowy generator sygnału, który będzie można przeprogramować na orbicie, tak by np. szybko rozpocząć nadawanie nowego sygnału w odpowiedzi na działania wroga. Ponadto aparat zostanie wyposażony w specjalną antenę, która w zależności od potrzeb będzie mogła nadawać sygnał w kierunku całego globu bądź tylko określonego regionu, ale o zwiększonej sile.

● GLONASS: sankcje nadal skuteczne

Natomiast na wschodzie wciąż bez większych zmian. Jedyny postęp w konstelacji rosyjskiego systemu nawigacji to wystrzeliwanie co kilka miesięcy uzu-



Wizualizacja satelity NTS-3. Na dalszym planie starsze generacje eksperymentalnych aparatów GPS: NTS-2 oraz NTS-1

pełniających satelitów starej generacji M. A co z nowym blokiem K? Wydaje się, że jego budowę skutecznie zablokowały sankcje gospodarcze nałożone na Rosję przez USA i Unię Europejską po inwazji na Krym. Uniemożliwiły one sprowadzanie zaawansowanych komponentów satelitarnych, których rosyjskie firmy wciąż nie są w stanie samodzielnie wytwarzać.

W rezultacie prace nad nową generacją systematycznie się opóźniają. W rozmowie z agencją TASS z lipca 2018 r. Nikołaj Testojedow – prezes zarządu firmy ISS produkującej satelity GLONASS – wyjaśnił, że prototyp GLONASS-K2 powinien być gotowy w 2022 roku i w tym samym roku znajdzie się w kosmosie. Dodajmy, że wcześniejsze zapowiedzi mówiły o roku 2019. W dalszej kolejności planowane jest zbudowanie jeszcze 2-3 tego typu satelitów. W zależności od wyników testów rosyjskie władze podejmą decyzję co do uruchomienia seryjnej produkcji.

Przypomnijmy, że generację K ma wyróżniać nadawanie sygnałów nawigacyjnych w technologii wielodostępu CDMA, a więc stosowanej również w systemach GPS, Galileo i BeiDou. Wprowadzony zostanie także trzeci cywilny kanał oznaczany jako L3. Ponadto satelity tego bloku będą miały żywotność wydłużoną do 10 lat.

Obecnie w kosmosie znajdują się dwa testowe satelity K1 – wystrzelone jeszcze w 2011 i 2014 roku. Kiedy nowe i zmodernizowane sygnały pokryją cały świat? Zazwyczaj informację tę moż-

na było znaleźć w materiałach z dorocznego konferencji ONZ-owskiej agencji UNOOSA. W tych z grudnia ub.r. nie ma na ten temat słowa, co może świadczyć o tym, że rychła modernizacja GLONASS stoi pod dużym znakiem zapytania.

• Galileo: ku centymetrom

Wygląda na to, że po wielu latach pech opuścił wreszcie program budowy europejskiego systemu nawigacji. W ostatnich miesiącach prace idą jak po maśle. W rezultacie w kosmosie znajduje się już 26 satelitów. To wciąż za mało, by o każdej porze i w każdym miejscu na świecie móc wyznaczać pozycję wyłącznie z wykorzystaniem tego systemu, ale w praktyce zbyt niska dostępność zdarza się sporadycznie (np. w Warszawie przez kilkanaście-kilkadziesiąt minut w ciągu dnia). Poza tym w erze GNSS nikt nie polega już tylko na jednej konstelacji. Tak czy inaczej, pełna operacyjność Galileo (wymagająca 30 satelitów) ma zostać osiągnięta już w 2020 roku. Wtedy zaplanowano bowiem start kolejnych 4 aparatów tego systemu.

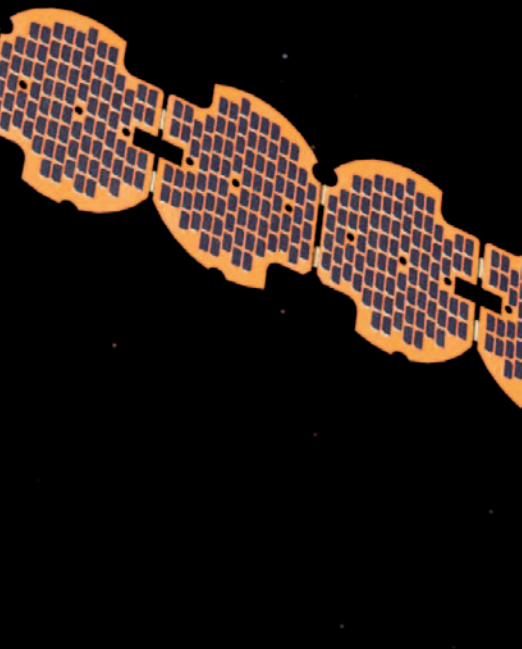
W tym samym czasie ma zostać również uruchomiona usługa Galileo wysokiej dokładności (*Galileo High Accuracy Service* – HAS) – na razie udostępniono specyfikację związanych z nią sygnałów E6-B/C. Mają one dostarczać użytkownikom na całym świecie satelitarne korekty PPP, które pozwolą wyznaczać pozycję z dokładnością lepszą niż 2 decymetry. Kluczowe pozostaje natomiast pytanie o zasady dostępu do HAS. We-

dług wstępnych planów korzystanie z tej usługi miało być płatne, ale w ostatnich miesiącach pojawiły się pogłoski, że może być ona darmowa.

Ponadto w ramach Galileo ma zostać uruchomiona komercyjna usługa autoryzacji (*Galileo Commercial Authentication Service* – CAS) dostępna na kanale E6-C. Pozwoli ona skutecznie wyznaczać pozycję mimo tzw. spoofingu, czyli nadawania fałszywych sygnałów GNSS.

Choć Galileo nie osiągnęło jeszcze pełnej operacyjności, jego administratorzy już planują budowę II generacji systemu (G2G). Według wstępnych założeń ma ją charakteryzować m.in.: większa automatyzacja działania, niższe koszty budowy satelitów czy większe bezpieczeństwo użytkownika. Pierwsze aparaty G2G powinny wystartować w połowie przyszłej dekady.

W ostatnich miesiącach o Galileo zrobiło się głośno również przy okazji brexitu. Negocjatorzy ze strony Unii Europejskiej stoją twardo na stanowisku, że gdy Wielka Brytania opuści Wspólnotę, jej przedsiębiorstwa zostaną odsunięte od zleceń związanych z budową Galileo (a dziś odgrywają w nich kluczową rolę). Władze w Londynie bardziej rozszerdziło jednak to, że brytyjskie służby miałyby utracić dostęp do usługi regulowanej publicznie (PRS) o zwiększonej odporności na zakłócanie oraz spoofing. Irytacja okazała się na tyle duża, że wręcz pojawił się pomysł budowy własnego systemu GNSS. Biorąc pod uwagę astronomiczne koszty oraz zaawansowanie technologiczne takiego przedsięwzięcia,



Fot. ARL Space Vehicles Directorate

podkreślić, że umieszczono je w kosmosie w rekordowo krótkim czasie, tj. od listopada 2017 roku do listopada 2018 roku. Oprócz tego w konstelacji BeiDou pracuje 14 satelitów II generacji. Do celowo ma się ona składać z 35 aparatów trzeciego bloku – 27 na orbicie średniej, 5 geostacjonarnych oraz 3 na orbicie geosynchronicznej. Budowa BeiDou (podobnie jak Galileo) ma się zakończyć w roku 2020.

Dodajmy, że satelity BeiDou-3 zapewniają wyższą dokładność wyznaczania pozycji (według deklaracji administratorów porównywalną z GPS i Galileo), lepszą kompatybilność z GPS i Galileo oraz oferowanie usługi poszukiwawczo-ratunkowej. Podobnie jak w przypadku europejskiego systemu aparaty te pozwolą ponadto uruchomić usługę wysokiej dokładności (tj. decymetrowej), choć akurat w przypadku BeiDou będzie ona dostępna tylko dla wschodniej Azji.

jego realizacja wydaje się mało realna. Nie zważając na to, Brytyjska Agencja Kosmiczna już przystąpiła do pisania studium wykonalności takiego systemu.

Pisząc o unijnych regulacjach, słowem wspomnijmy również o legislacyjnych pomysłach na popularyzację Galileo. Pierwszy z nich to eCall, czyli system, który od kwietnia 2018 roku musi być montowany we wszystkich fabrycznie nowych samochodach. W razie wypadku rozwiązanie automatyczne kontaktuje się ze służbami ratunkowymi i wysyła im współrzędne rozbitego auta określone na podstawie danych z odbiornika satelitarne obsługującego przynajmniej Galileo. Druga inicjatywa dotyczy lokalizowania osób dzwoniących pod numer 112 na podstawie wbudowanego w smartfon odbiornika GNSS. Choć przepisy te mają wejść w życie dopiero za 3 lata, to według danych Komisji Europejskiej już dziś większość nowych urządzeń mobilnych spełnia ten standard.

• BeiDou zdobywa świat

W ostatnich dniach 2018 roku Chińczycy ogłosili globalną dostępność usług swojego systemu nawigacji. Było to możliwe dzięki włączeniu nadawania sygnałów w 19 satelitach III generacji. Warto

zwiększyć dokładność pozycjonowania. Przykładowo nasz EGNOS ma nadawać korekty dla sygnałów GPS L1/L5 oraz Galileo E1/E5. Modernizacja systemu, która ma to umożliwić, powinna zostać zakończona do 2025 roku.

• QZSS: jak mierzyć, to w Japonii

Z kronikarskiego obowiązku odnotujemy również uruchomienie pod koniec 2018 roku japońskiego regionalnego systemu QZSS (Quasi-Zenith Satellite System). Choć jego sygnały są na terytorium Polski ledwo dostępne, warto się mu bliżej przyjrzeć z powodu kilku ciekawych cech. Jedną z nich jest umieszczenie 3 aparatów na orbicie geosynchronicznej. Jej parametry zostały dobrane tak, aby na obszarze Japonii przynajmniej jeden satelita był zawsze widoczny w okolicy zenitu. Ma to znacząco poprawić jakość pozycjonowania wśród wysokiej zabudowy. Czwarty satelita znajduje się z kolei na orbicie geostacjonarnej.

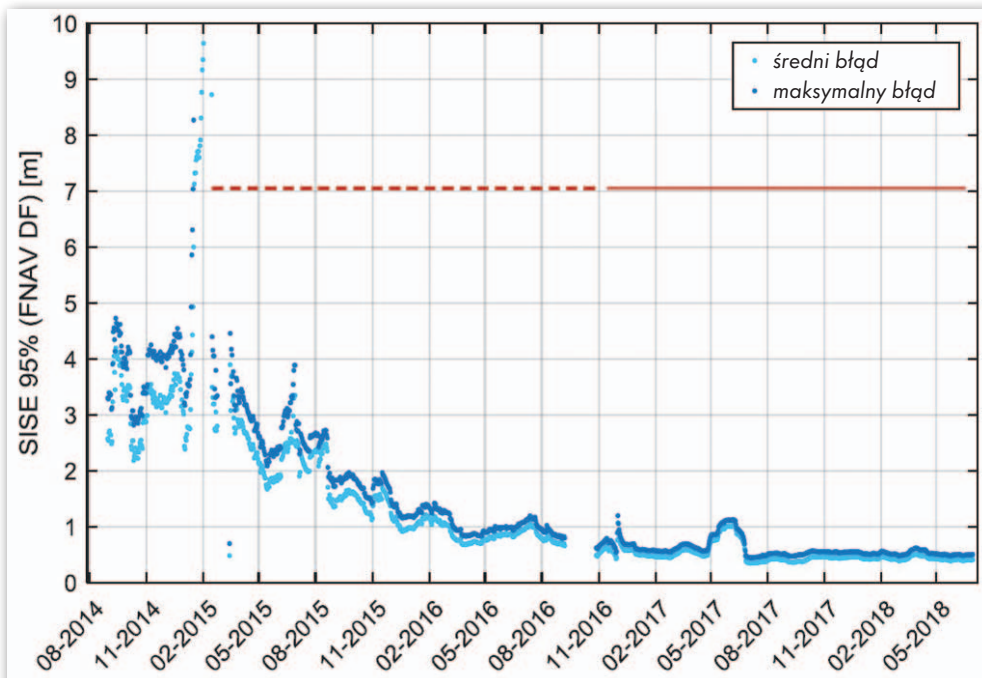
Ciekawostką są również sygnały L1-SAIF oraz LEX. Pierwszy dostarcza korekty SBAS pozwalające wyznaczać pozycję nawet z submetrową dokładnością. LEX jest z kolei eksperymentalnym sygnałem, który umożliwi pozycjonowanie z zaledwie kilkucentymetrowym błędem. Rozwiązanie ma działać na podobnej zasadzie jak usługa komercyjna Galileo.

Na uwagę zasługuje również to, że dzięki uruchomieniu QZSS Japonia stała się krajem o bodaj najlepszej widoczności satelitów GNSS. Przy masce 10° widać ich nawet 56!

• SBAS: cały świat, dwie częstotliwości

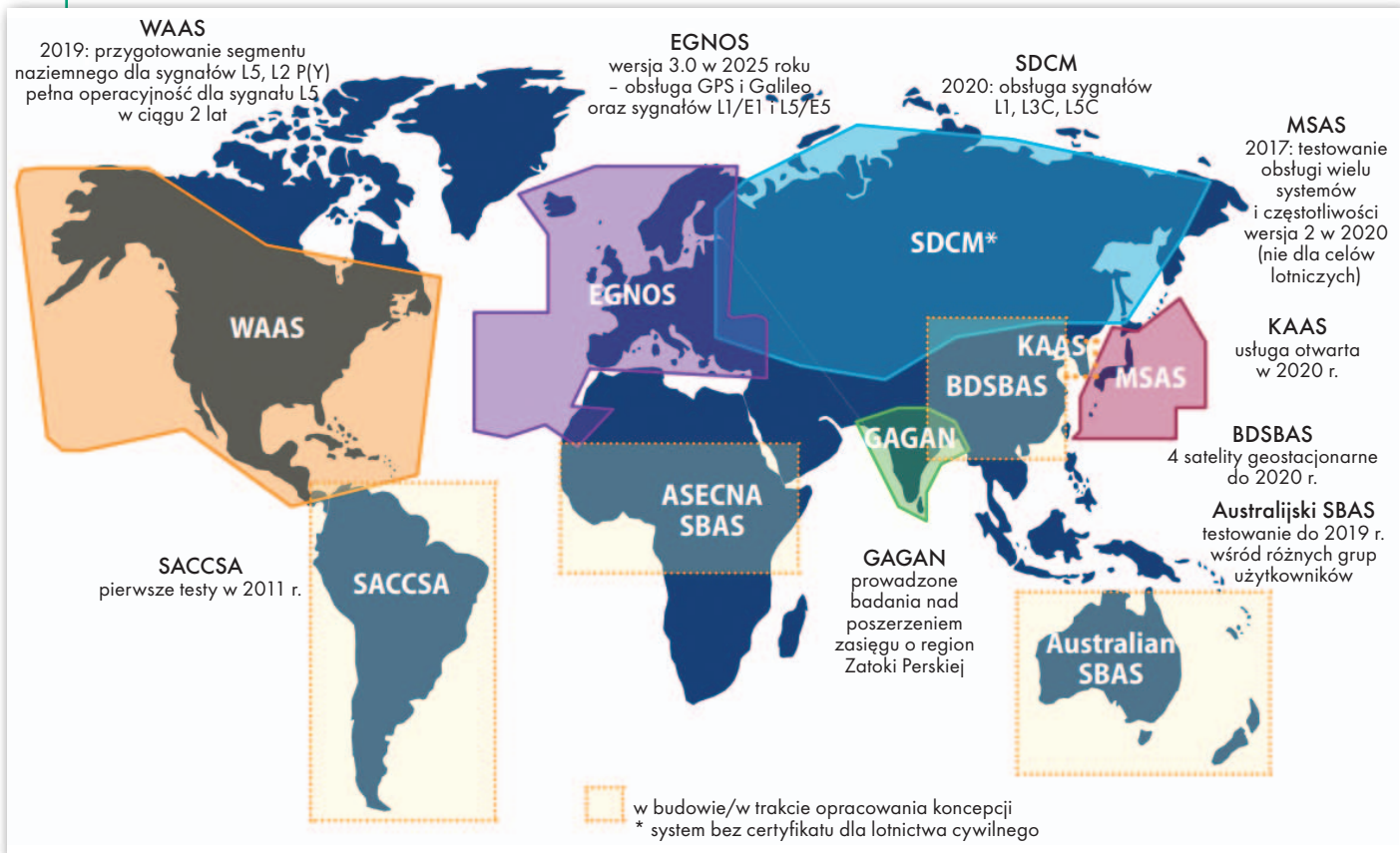
Sporo dzieje się również w satelitarnych systemach wspomagania GNSS, czyli SBAS. Dziś własne rozwiązania tego typu mają: Europa (EGNOS), USA (WAAS), Rosja (SDCM), Japonia (MSAS) oraz Indie (GAGAN). Jednocześnie toczą się prace nad uruchomieniem podobnych systemów dla: Ameryki Południowej, Afryki, Chin, Korei oraz Australii.

Ważne, że istniejące rozwiązania są rozbudowywane do obsługi dwóch częstotliwości, co powinno wyraźnie



Zmiana błędów pozycjonowania Galileo w przestrzeni kosmicznej (tj. bez uwzględnienia wpływu atmosfery) na poziomie prawdopodobieństwa 95%. Czerwona linia: poziom wymagany do inicjalnego uruchomienia usług nawigacyjnych, co nastąpiło pod koniec 2016 r.

Zródło: ESA



Źródło: Raport Użytkowników Technologii GNSS

Aktualny stan i perspektywy rozwoju systemów SBAS

• Rewolucje nie tylko w kosmosie

Ten szybki rozwój systemów GNSS w oczywisty sposób wpływa również na segment użytkownika. Ilustruje to najnowsza edycja „Raportu Użytkowników Technologii GNSS” (dostępnego bezpłatnie na stronie GSA – administratora Galileo). Główny wniosek jest taki, że era dominacji GPS już się zakończyła, bo dziś 70% odbiorników satelitarnych obsługuje przynajmniej dwa systemy GNSS. I mowa tu nie tylko o sprzęcie profesjonalnym, ale także o amatorskim. Inne kluczowe ustalenia raportu są następujące:

- użytkownicy mają do dyspozycji już ponad 100 satelitów nadających wiadomości nawigacyjne;

- na rynku masowym obserwuje się zapotrzebowanie na dwa typy odbiorników – zoptymalizowane pod „internet rzeczy” (gdzie priorytetem jest redukcja zużycia energii) oraz tzw. high-end (w których producenci uwzględniają innowacje poprawiające jakość pozycjonowania);

- zapotrzebowanie na dokładność w przypadku rynku masowego skutkuje rozwijaniem technologii wykorzystujących surowe pomiary GNSS w systemie Android;

- wprowadzane na rynek odbiorniki obsługują od jednej do nawet czterech częstotliwości jednocześnie; obserwuje się szczególnie duży wzrost rynku sprzętu dwusystemowego (przede wszystkim dla kanałów L1/E1 oraz L5/E5);

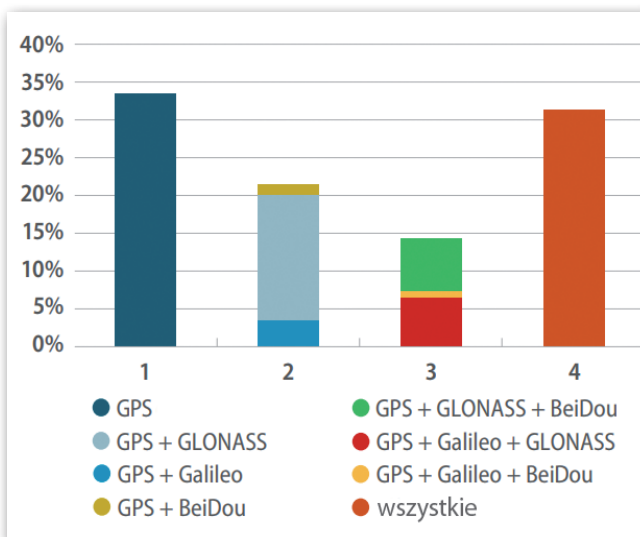
- zarówno prywatne przedsiębiorstwa, jak i publiczni operatorzy coraz intensywniej pracują nad rozwojem sieci RTK oraz usług PPP, co przekłada się na poszerzanie grona odbiorców tych serwisów;

- kładziony jest coraz większy nacisk na bezpieczeństwo rozwiązań nawigacyjnych, szczególnie w przypadku sa-

mochodów i łodzi autonomicznych czy dronów.

Podobnie jak w poprzednich edycjach raportu odrębny rozdział poświęcono rynkowi odbiorników precyzyjnych, w tym geodezyjnych. Autorzy zwracają uwagę, że branża ta jest jednym z głównych beneficjentów rozbudowy systemów GNSS. Kluczowe trendy w zakresie tych instrumentów to nie tylko rosnąca liczba kanałów i śledzonych częstotliwości, ale także łączenie rozwiązań RTK i PPP oraz postępująca intuicyjność obsługi. Coraz ważniejsza jest też walka z zakłócaniem i spoofingiem oraz wspieranie pomiarów satelitarnych innymi technologiami lokalizacyjnymi, a więc tzw. *sensor fusion* (przykładem są pochylomierze). Nie bez znaczenia dla rozwoju tego rynku są również spadające ceny – autorzy raportu zwracają uwagę, że chodzi zarówno o coraz niższy koszt samych urządzeń, jak i usług nawigacyjnych.

Jerzy Królikowski



Popularność wielosystemowych odbiorników satelitarnych w 2018 r.

Źródło: Raport Użytkowników Technologii GNSS

Artykuł był opublikowany w dodatku NAWI 2019 poświęconym technologiom GNSS i dostępnym bezpłatnie na portalu Geoforum.pl