

Ocena przydatności wybranych modułów GNSS na potrzeby lokalizacji

ODBIORNIK DLA

Wybór odpowiednich modułów lokalizacji dla różnych elementów systemu PROTEUS jest kluczowy dla jego dobrego funkcjonowania. Jak wykazały testy przeprowadzone w CBK PAN, nowe odbiorniki z podwyższoną czułością zwiększają dostępność rozwiązań, nie degradując przy tym ich jakości.

KAROL BRZOSTOWSKI,
ANNA FOKS-RYZNAR,
PIOTR SITEK, RYSZARD ZDUNEK

Celem projektu o nazwie PROTEUS „Zintegrowany Mobilny System Wspomagający Działania Antykrzysowe i Antyterrorystyczne” jest stworzenie demonstratora systemu, który będzie oferował nową jakość działań w sytuacjach kryzysowych. System ma być odpowiedzią na wyzwania stojące przed służbami odpowiedzialnymi za ratownictwo, zarządzanie kryzysowe i bezpieczeństwo publiczne. Projekt o wartości ponad 68 mln złotych, współfinansowany kwotą ponad 58 mln złotych z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w pierwszej osi Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013, realizowany jest w bliskiej współpracy z użytkownikami końcowymi (straż pożarna, policja, służby antyterrorystyczne, centra zarządzania kryzysowego). Na projekt PROTEUS składa się dziesięć głównych elementów:

1. Mobilne Centrum Dowodzenia (MCD),
2. Mobilne Centrum Operatorów Robotów (MCOR),
3. Mały Robot Mobilny,
4. Robot Mobilny o Zwiększonej Funkcjonalności,
5. Interwencyjny Robot Mobilny,
6. Przenośne Stanowiska Operatora Robotu,
7. Bezzałogowy Samolot,
8. Przenośny Zestaw Czujników,
9. Nasobne Zestawy Czujników,
10. Symulator Robotu Mobilnego.

W celu lepszego przeglądu sytuacji i bardziej efektywnej koordynacji wszyst-

kich uczestników w akcji pozycje trzech robotów mobilnych, Przenośnego Zestawu Czujników i Nasobnego Zestawu Czujników ratowników będą wizualizowane w Mobilnym Centrum Dowodzenia oraz Mobilnym Centrum Operatorów Robotów. Oba te pojazdy zostaną wyposażone w dokładne mapy cyfrowe oraz urządzenia lokalizacyjne, przez co będzie znane wzajemne ich położenie. Centrum Badań Kosmicznych (CBK) PAN jest odpowiedzialne za opracowanie koncepcji oraz budowę czujników lokalizacyjnych dla elementów systemu PROTEUS. Lokalizacja i nawigacja będą oparte głównie na globalnych systemach nawigacji satelitarnej (GNSS) wspieranych – na wybranych grupach elementów PROTEUSA – technikami inercyjnymi oraz zliczeniowymi.

• KRYTERIA TESTÓW

Każda grupa elementów systemu wymaga innej dokładności i precyzji lokalizacji. Ponadto moduły lokalizacji dla poszczególnych grup powinny spełniać inne wymagania dotyczące rozmiarów, wagi, poboru mocy, odporności na wysoką temperaturę itd. Mobilne Centrum Dowodzenia będzie nowoczesnym, autonomicznym pojazdem (sporych rozmiarów ciężarówka) wyposażonym w system komunikacji oraz rozbudowany system decyzyjny zawierający m.in. środowisko programistyczne z danymi geoprzestrzennymi typu GIS, rozbudowanymi bazami danych oraz modelami numerycznymi i prognostycznymi, m.in. prognoz pogody. Zadaniem Mobilnego Centrum Operatorów Robotów będzie dostarczenie robotów mobilnych na miejsce akcji. Moduły lokalizacji dla tych pojazdów nie są w jakiś specjalny sposób ograniczone jeśli chodzi o masę, wielkość i inne parametry

techniczne, ale dodatkowo muszą one wyznaczać kierunek północy oraz inklinację, które będą potrzebne do ustawienia anteny satelitarnej.

Trzy roboty o różnej wielkości mają spełniać odmienne funkcje, dlatego będą miały inne czujniki, inną wielkość manipulatora, inną ładowność itp. Rozmiar, masa i pobór mocy dla modułów lokalizacji przygotowywanych dla robotów są ściśle określone. Ze względu na specyfikę ruchu robota częstotliwość wyznaczania pozycji określono na 5 Hz. Roboty będą pracować w różnych warunkach środowiskowych (teren otwarty, las, kanion miejski, budynek), co w sposób znaczący wpływa na wybór rozwiązań lokalizacyjnych.

Moduły lokalizacyjne dla Przenośnych Zestawów Czujników powinny charakteryzować się małymi rozmiarami, niewielką masą i niskim poborem mocy. Warunki wyznaczania pozycji w większości przypadków będą proste – teren otwarty, pomiar statyczny. Urządzenie będzie umieszczane w miejscu, gdzie jest konieczny monitoring parametrów fizycznych i chemicznych otoczenia. Następnie dane te będą przesyłane do MCD i interpretowane przez specjalistów.

Nasobny Zestaw Czujników wymaga modułu lokalizacji o niewielkich rozmiarach i małej masie, z niskim poborem mocy. Z reguły pozycja będzie wyznaczana w ruchu, w zróżnicowanym terenie i warunkach środowiskowych – teren otwarty, las, miasto, budynek.

• WYNIKI POMIARÓW TESTOWYCH

Wprowadzane w ostatnim czasie na rynek nowsze modele czy generacje odbiorników nawigacyjnych GNSS charakteryzują się nie tylko wzrostem funkcjo-

elementów systemu PROTEUS

RATOWNIKA

nalności, ale też czułości. Niewątpliwą przyczyną jest tu bardzo szybka popularyzacja tego typu urządzeń i oczekiwania klientów co do możliwości prowadzenia nawigacji w warunkach wielkomiejskich i w tzw. trudnym terenie (wysokie góry, obszary leśne). Celem zaprezentowanej w artykule części testów było sprawdzenie, na ile te nowe tendencje wpłynęły na poprawę jakości wyznaczania pozycji, rozumianej w naszym przypadku nie tylko jako podniesienie dokładności, lecz także dostępności samych rozwiązań, z wykorzystaniem jedynie rozwiązań autonomicznych, bazujących na serwisie SPS (Standard Positioning System) GPS.

Wszystkie testowane urządzenia, z wyjątkiem NovAtel OEMV-3G, zostały kupione w wersjach OEM z wewnętrznymi antenami. Faktycznie testom podlegały więc kompletne urządzenia GNSS (a nie same układy elektroniczne – chipsety) wraz z firmowym oprogramowaniem (*firmware*). Odbiornik NovAtel jako jedyny podłączony był do dwuczęstotliwościowej anteny zewnętrznej Novatel G5Ant-42AT4.

W celu uzyskania możliwie najbardziej zbliżonych parametrów i warunków obserwacyjnych w testach zdecydowano się skonfigurować wszystkie odbiorniki, bez względu na ich szerokie dodatkowe możliwości i funkcje (tabela 1), na odbiór wyłącznie sygnałów z satelitów GPS z serwisu SPS, które przesyłały poprzez porty COM wybrane zdania protokołu NMEA, rejestrowane następnie w plikach na komputerach przenośnych.

W analizach tak uzyskanych danych obserwacyjnych braliśmy pod uwagę wspólne dla wszystkich odbiorników parametry, głównie zaś epokę (datę i czas), wyznaczone pozycje (współrzędne geodezyjne B, L), wysokości nad poziomem morza, wartości odstępów geoidy od elipsoidy odniesienia N, liczbę satelitów śledzonych i uwzględnionych w procesie wyznaczania pozycji

wi w każdej epoce pomiarowej, parametry DOP (HDOP i VDOP), typ uzyskanego rozwiązania (2D/3D).

Testy można podzielić na dwie zasadnicze części: pomiary statyczne i kinematyczne. Jest to naturalny podział wynikający z charakteru użycia modułów lokalizacji GNSS w systemie PROTEUS.

• POMIARY STATYCZNE

Pomiary statyczne polegały na ciągłym wyznaczaniu pozycji stałego punktu przez 6 układów jednocześnie (czas pomiaru około 1 h, interwał pomiarowy 1 s). Identyczne warunki pomiarowe dla wszystkich układów sprawiają, że test można uznać za wysoce wiarygodny. Tę samą procedurę pomiarową przeprowadzono na specjalnie dobranych dwóch punktach (oznaczonych jako P1 i P2) o zupełnie odmiennej charakterystyce pomiarowej. Punkty te przed wykonaniem testów pomierzone zostały metodą pomiarów statycznych (sesja obserwacyjna z 15 kwietnia 2010 r., DOY:105, opracowanie w pakiecie TGO v. 1.63) w nawiązaniu do stacji permanentnej CBKA z subcentymetrową dokładnością. Tak uzyskane współrzędne (uprzednio przetransformowane do układu WGS-84 oraz dodatkowo do układów 1992 i 2000) stanowiły odniesienie we wszystkich wykonanych analizach.

Aby zapewnić możliwie najwyższy obiektywizm porównania testowanych

modułów, pomiary na punktach P1 i P2 wykonane zostały w odstępie dwudniowym, praktycznie w tych samych oknach obserwacyjnych (identyczna konstelacja satelitów). Wszystkie moduły zainstalowane zostały ponadto na jednej, wspólnej platformie o rozmiarach rzędu 1 x 1 m, która umieszczana była na czas trwania sesji pomiarowych na statywie, scentrowanym i spoziomowanym nad wybranymi punktami. Wysokość statywu uwzględniana była w analizach wyników. Z przyczyn oczywistych nie udało się zapewnić identyczności parametrów środowiska (troposfery i jonosfery). Można jedynie zaznaczyć, iż podczas obu sesji pomiarowych panowały bardzo podobne warunki pogodowe oraz obie sesje przebiegały w warunkach mało zaburzonej jonosfery, kilka godzin po wschodzie słońca.

• WYNIKI ROZWIĄZAŃ LOKALIZACYJNYCH NA PUNKCIE P1 (OTWARTY HORYZONT)

Pomiar na punkcie P1 miał na celu przede wszystkim sprawdzenie układów GPS pod względem dokładności i precyzji wyznaczania pozycji. Punkt P1 zlokalizowany był około 15 m przed budynkiem CBK PAN (rys. 1), co zapewniło prawie całkowicie odkryty horyzont, praktycznie bez jakichkolwiek przeszkód terenowych. Sesję obserwacyjną zrealizowano 26 kwietnia 2010 r. (wspólny interwał

TAB. 1. WYBRANE PARAMETRY TECHNICZNE TESTOWANYCH CHIPÓW GNSS

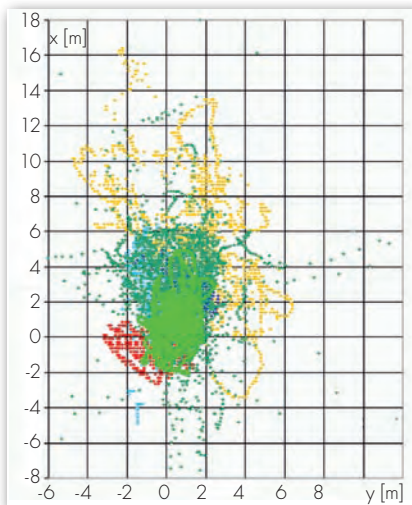
Producent	Fastrax	MTK	NovAtel	Moduletek	u-blox 4	u-blox 5
GPS chip	Mediatek MT 3318	Mediatek MT 3328	OEMV-3G	Sirf Star III	LEA 4P	LEA 5H
Kod	C/A, L1	C/A, L1	L1, L2, L5, GL1, GL2	C/A, L1	C/A, L1	C/A, L1, Galileo ready L1
Konfiguracja kanałów	32 L1 2 SBAS	66 L1 2 SBAS	14 L1, 14 L2, 6 L5 12 GL1, 12 GL2 2 SBAS	20 L1 2 SBAS	16 L1 2 SBAS	50 L1 2 SBAS
Czułość [dBm]	-146/-159	-148/-165	brak danych	-147/-158	-140/-150	-144/-160
Maksymalna częstotliwość [Hz]	5	10	20	5	4	4
Czas uruchamiania [s]	36, 33, 1	34, 33, 1	60, 35	42, 38, 1s	34, 33, <3,5	29, 29, 1
Dokładność [m]	3,0; 2,5	2,5; 2,0	1,5; 1,2; 0,6	3; <2,5	2,5; 2,0	2,5; 2,0
Temperatura [°C]	-30/+85	-40/+85	-40/+85	-40/+85	-40/+85	-40/+85
Rozmiar [mm]	18,8x16,2x2,5	18,8x16,2x2,5	85x125x13	19,3x20x2,6	17x22,4x3	17x22,4x3
Pobór mocy [mA]	30	48	93	75	36	43

TAB. 2. PORÓWNANIE TESTOWANYCH CHIPÓW GNSS NA PUNKCIE P1

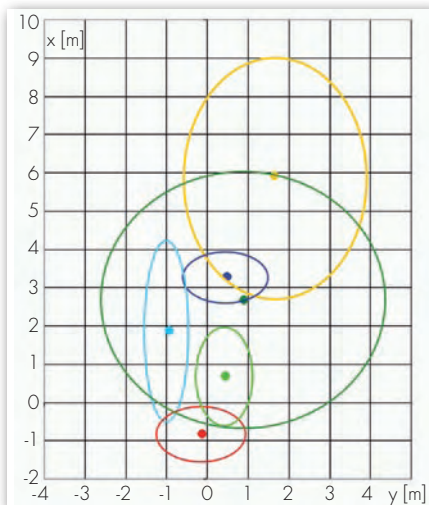
Producent	Fastrax	MTK	NovAtel	Modulestek	u-blox 4	u-blox 5
GPS chip	Mediatek MT 3318	Mediatek MT 3328	OEMV-3G	Sirf Star III	LEA 4P	LEA 5H
Czułość [dBm]	-146/-159	-148/-165	bd.	-147/-158	-140/-150	-144/-160
Epoki bez rozw. [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Śr. liczba satelitów	9,09	9,30	7,73	9,42	8,66	9,42
DOP [średnia]	1,63	1,77	2,37	1,74	2,38	1,79
HDOP [średnia]	0,91	0,90	1,18	0,87	1,19	0,90
VDOP [średnia]	1,34	1,52	2,06	1,48	2,05	1,54
Przesunięcie_x	5,91	3,28	1,87	-0,83	2,68	0,68
Przesunięcie_y	1,65	0,49	-0,93	-0,13	0,90	0,44
Przesunięcie_h	7,19	-3,07	-0,41	-1,14	-4,70	-4,63
Odch. stand._x	3,12	0,64	2,42	0,69	3,41	1,28
Odch. stand._y	2,22	1,02	0,52	1,07	3,93	0,69
Odch. stand._h	8,03	2,28	2,82	3,41	5,46	1,38
Odstęp N [m]	39,0	39,0	31,4	39,0	39,0	34,2



Rys. 1. Lokalizacja punktu pomiarowego P1 oraz widoczność satelitów

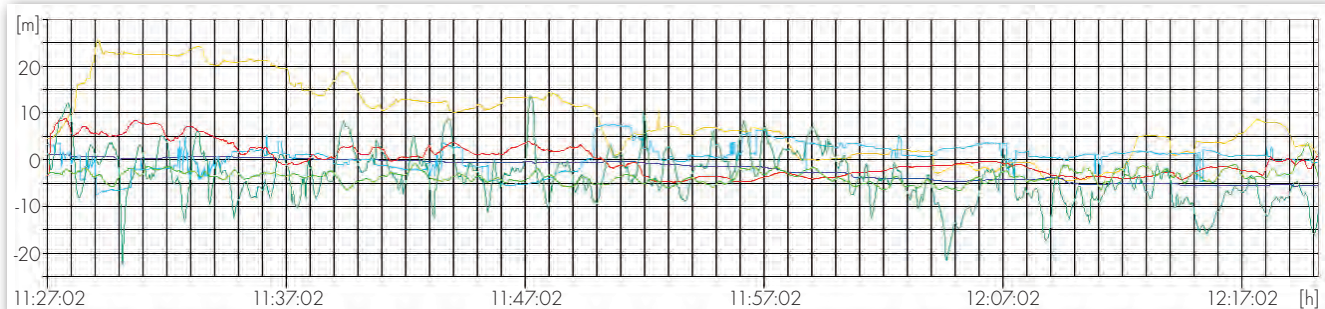


Rys. 2. Ślady składowych poziomych z rozwiązań lokalizacyjnych w odniesieniu do pozycji referencyjnej punktu P1



Rys. 3. Wartości przesunięć (punkty) oraz elipsy błędów (1-Sigma) uśrednionych pozycji horyzontalnych w odniesieniu do pozycji referencyjnej punktu P1

Rys. 4. Zmienność w czasie składowej pionowej z rozwiązań lokalizacyjnych w odniesieniu do wysokości referencyjnej punktu P1



czasu: 11:27:02 – 12:20:13). Wartość referencyjna odstepu geoidy od elipsoidy odniesienia N obliczona z modelu geoidy dla Polski (Geoida2001) dla obu punktów P1 i P2 wynosi $N = 31,14$ m.

Wszystkie bez wyjątku odbiorniki pracujące w otwartej przestrzeni (sesja na punkcie P1) wykazały się w opracowywanym wspólnym interwale czasu 100-procentową dostępnością rozwiązań nawigacyjnych, co nie powinno dziwić. Godny odnotowania jest fakt, iż potencjalnie najlepszy z testowanych odbiornik – NovAtel OEMV-3G – w identycznych dla wszystkich warunkach uwzględnił przy liczeniu pozycji średnio aż ok. 1,5 satelity mniej od pozostałych. Miało to wpływ na nieco większe wartości współczynników DOP, chociaż z drugiej strony były one niemal identyczne jak dla odbiornika u-blox 4, który średnio uwzględnił o prawie 1 satelitę więcej (NovAtel: 7,73 satelitów, u-blox 4: 8,66). Pozostałe odbiorniki wykazały się zauważalnie wyższą średnią liczbą satelitów uwzględnianych przy generowaniu rozwiązań nawigacyjnych – na poziomie 9,1-9,4.

Nie dla wszystkich odbiorników z tej grupy znalazło to jednak bezpośrednie przełożenie na wyraźną poprawę dokładności uzyskiwanych rozwiązań. Negatywnym przykładem jest tu Fastrax, oparty na module starszej generacji – Mediatek MT 3318, który wykazał się w tym teście najgorszymi uzyskanymi wynikami w kategorii „celność” (rys. 2) oraz drugimi od końca w kategorii „skupienie” (rys. 3). Pod względem wartości odchylenia standardowego dla poszczególnych składowych uzyskał on wynik równie zły, jak wspomniany już wcześniej odbiornik u-blox 4, wykazując się jednocześnie największą wartością przesunięcia rozwiązań względem pozycji referencyjnej punktu P1 (Fastrax: 8,90 m, u-blox 4: 7,54 m). Mimo „ostrożniejszego” podejścia do kwestii doboru satelitów przy liczeniu pozycji anteny odbiornik NovAtel z anteną zewnętrzną uzyskał trzeci wynik w kategorii „celność” i czwarty w kategorii „skupienie”. Najlepiej zaprezentowały się

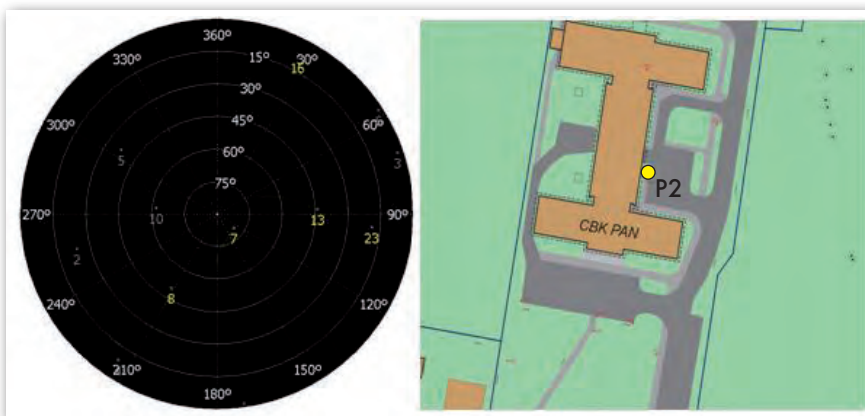
w tym teście, i to w obu kategoriach, odbiorniki bazujące na układach LEA-5H (u-blox 5) oraz Sirf Star III.

Z sześciu badanych odbiorników aż cztery zawierają model/alorytm obliczania wartości odstępów geoidy od elipsoidy N, który dla terytorium Polski nie jest wystarczająco dokładny. Uzyskane wartości 39,0 m, zamiast modelowej 31,14 m, powodują wprowadzenie do rozwiązań lokalizacyjnych (H_{msl} – wysokość nad poziomem morza) dość znacznego (około 8 m) błędu systematycznego w składowej wysokościowej. O ile nie dziwi zbyttno wartość N wyliczana przez odbiornik NovAtel OEMV-3G (31,4 m), który ma ambicje GIS-owe, to pozytywnie „zaskakuje” tu nowsza, 5. wersja odbiornika u-blox (34,2 m). Oczywiście wyniki uzyskane podczas testów na tak małym obszarze nie mogą być reprezentatywne dla oceny jakości zaimplementowanych modeli i algorytmów w skali globalnej ani nawet regionalnej. Do tego potrzebne byłyby testy na odpowiednio większych obszarach.

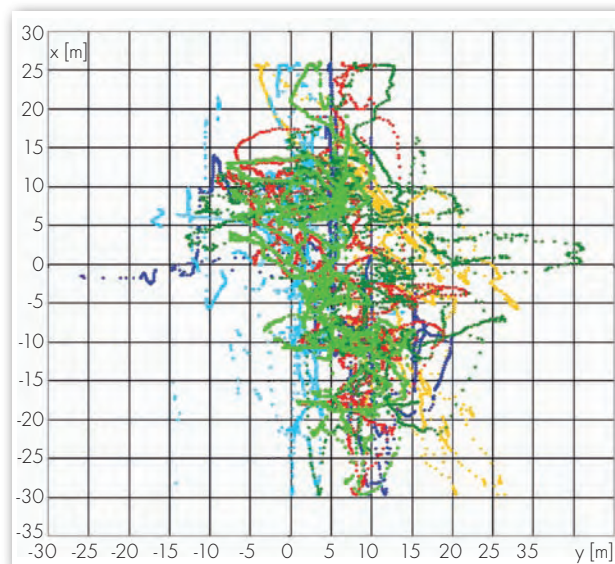
Ponieważ dla urządzeń lokalizacyjnych systemu PROTEUS dane pozyskiwane z poszczególnych odbiorników przed końcową ich wizualizacją na pulpicie do-

TAB. 3. PORÓWNANIE TESTOWANYCH CHIPÓW GNSS NA PUNKCIE P2

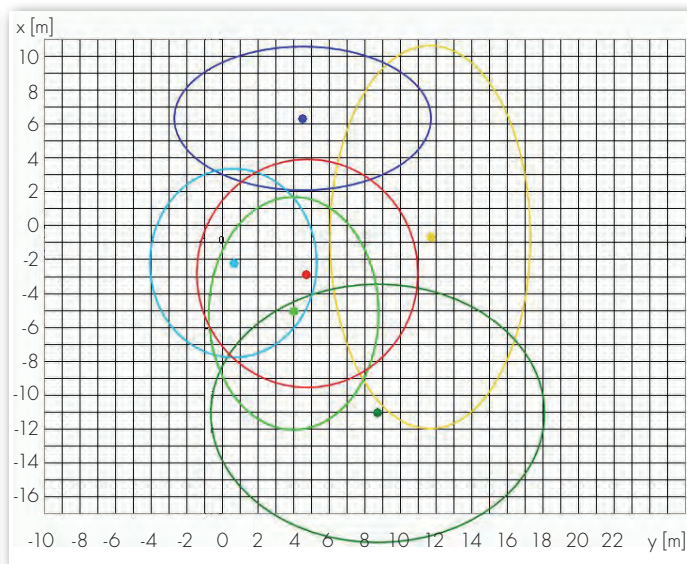
Producent	Fastrax	MTK	NovAtel	Moduletek	u-blox4	u-blox 5
GPS chip	Mediatek MT 3318	Mediatek MT 3328	OEMV-3G	Sirf Star III	LEA 4P	LEA 5H
Epoki bez rozwiąz. [%]	0,00	0,00	13,85	0,00	1,54	0,00
Śr. liczba satelitów	6,71	6,81	4,12	5,03	4,52	5,13
DOP [średnia]	1,65	2,17	5,47	3,51	5,43	3,96
HDOP [średnia]	1,33	1,56	3,55	2,05	3,70	2,49
VDOP [średnia]	0,95	1,45	4,11	2,87	3,79	3,03
Przesunięcie_x	-0,70	6,26	-2,27	-2,92	-11,05	-5,06
Przesunięcie_y	11,72	4,54	0,67	4,74	8,72	4,06
Przesunięcie_h	11,80	7,50	1,15	6,14	-2,10	4,07
Odch. stand._x	11,23	4,16	5,51	6,77	9,34	6,88
Odch. stand._y	5,58	7,13	4,59	6,20	7,60	4,79
Odch. stand._h	8,18	7,31	7,98	7,29	14,90	6,97



Rys. 5. Lokalizacja punktu pomiarowego P2 oraz widoczność satelitów

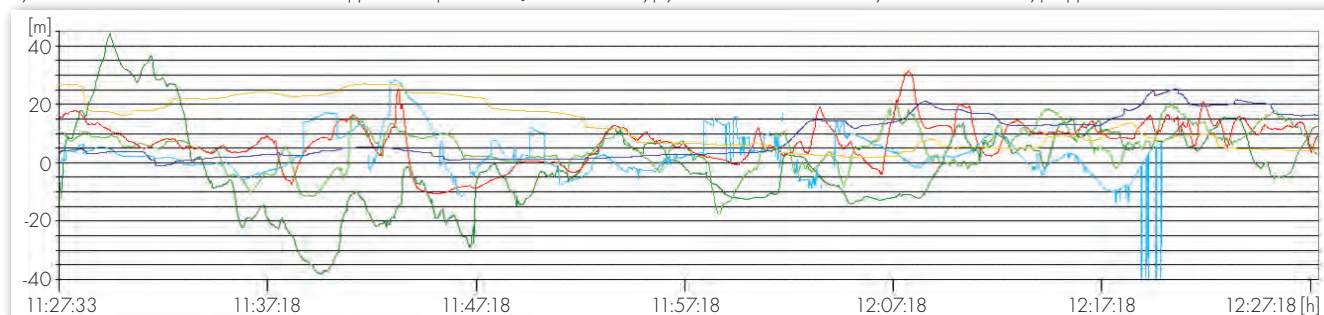


Rys. 6. Ślady składowych poziomych z rozwiązań lokalizacyjnych w odniesieniu do pozycji referencyjnej punktu P2



Rys. 7. Wartości przesunięć (punkty) oraz elipsy błędów (1-Sigma) uśrednionych pozycji horyzontalnych w odniesieniu do punktu P2

Rys. 8. Zmienność w czasie składowej pionowej z rozwiązań lokalizacyjnych w odniesieniu do wysokości referencyjnej punktu P2





Rys. 9. Referencyjna trasa przejazdu podczas testu kinematycznego na terenie CBK PAN

wodzącego akcją w MCD poddawane będą weryfikacji i niezbędnym korektom, zastosowany model i algorytm liczenia wartości N nie odgrywa tu większej roli. Bardziej dokładna wartość H_{msl} liczona będzie po „odtworzeniu” wysokości elipsoidalnej i uwzględnieniu dokładniejszego modelu dla obszaru Polski.

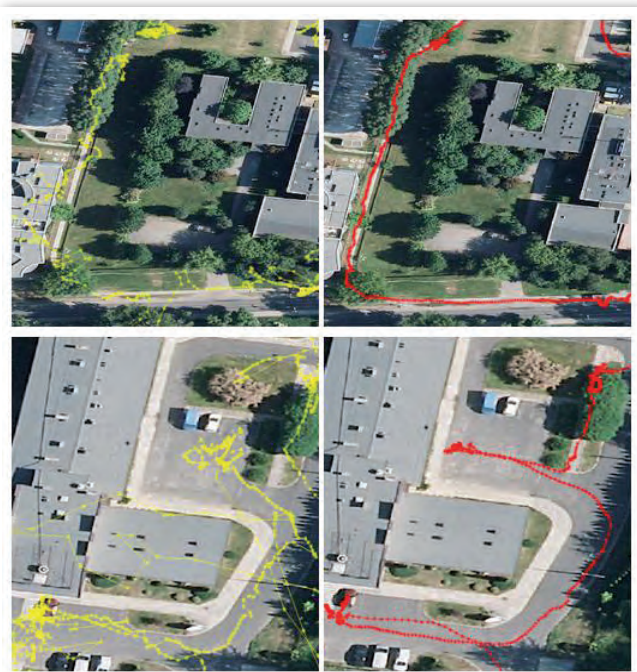
• WYNIKI ROZWIĄZAŃ LOKALIZACYJNYCH NA PUNKCIE P2 (PRZESŁONIĘTY HORYZONT)

Punkt P2 usytuowany został w trudnym dla lokalizacji GNSS terenie (rys. 5). Jedną stroną (północno-zachodnią) była całkowicie zasłonięta przez blisko stojący (w odległości około 1 m) 3-kondygnacyjny budynek. Od strony południowo-zachodniej budynek ten znajdował się w odległości 7 m, a na północy – 15 m. Jedynie strona wschodnia to bardziej odkryty horyzont, choć i tu występują w niedużej odległości drzewa. Na tak zlokalizowanym punkcie badany był przede wszystkim wpływ trudnych warunków środowiskowych (zła geometria konstelacji satelitów użytych do wyznaczenia pozycji, mała liczba satelitów, duża wielotorowość) na dokładność i precyzję wyznaczania pozycji przez różne układy GPS. Sesja obserwa-

cji, a odbiornik NovAtel OEMV-3G na 3625 epok obserwacyjnych wykazał się brakiem rozwiązań nawigacyjnych aż dla 502, co stanowi 13,85 % wszystkich obserwacji. Ponadto dla sporej liczby epok rozwiązania były bardzo niskiej jakości mimo braku w tych i sąsiednich epokach jakichkolwiek przesłanek do ich wystąpienia (brak zmiany konstelacji satelitów itp.). W tabeli i na wykresach dotyczących pomiarów na punkcie P2 (na poprzedniej stronie) wyraźnie zauważyć można zarówno znaczący i degradujący jakość uzyskiwanych rozwiązań wpływ „upośledzenia” konfiguracji satelitów i ich redukcji ilościowej, jak i nie do końca wyeliminowanych efektów wielotorowości sygnału.

Podobnie jak w przypadku testu na punkcie P1 najlepszymi modułami pod względem uzyskanych rozwiązań w zakresie ich skupienia i odchylenia od wartości referencyjnych okazały się odbiorniki NovAtel, Modulestek oraz u-blox 5. Najgorzej zaś ponownie radziły sobie z ograniczoną geometrią konstelacji i wielotorowością sygnału starsze generacje odbiorników z chipami Mediatek MT 3318 (Fastrax) oraz LEA-4P (u-blox 4).

Mimo najgorszych charakterystyk współczynników DOP i najmniejszej



Rys. 10. Porównanie najgorszego (u-blox LEA4P na żółto) i najlepszego (u-blox LEA 5H na czerwono) chipu GNSS podczas pomiaru kinematycznego na terenie CBK PAN

cyjna miała miejsce 28 kwietnia 2010 r. (wspólny interwał czasu: 11:27:33 – 12:27:55).

Podczas sesji na punkcie P2 odbiornik u-blox 4 stracił 1,54 % epok z rozwiązaniami pozy-

tywnymi, a odbiornik NovAtel OEMV-3G na 3625 epok obserwacyjnych wykazał się brakiem rozwiązań nawigacyjnych aż dla 502, co stanowi 13,85 % wszystkich obserwacji. Ponadto dla sporej liczby epok rozwiązania były bardzo niskiej jakości mimo braku w tych i sąsiednich epokach jakichkolwiek przesłanek do ich wystąpienia (brak zmiany konstelacji satelitów itp.). W tabeli i na wykresach dotyczących pomiarów na punkcie P2 (na poprzedniej stronie) wyraźnie zauważyć można zarówno znaczący i degradujący jakość uzyskiwanych rozwiązań wpływ „upośledzenia” konfiguracji satelitów i ich redukcji ilościowej, jak i nie do końca wyeliminowanych efektów wielotorowości sygnału.

• POMIARY KINEMATYCZNE

W odróżnieniu od testów statycznych, które odzwierciedlały możliwe warunki pracy jedynie dla urządzeń lokalizujących pracujących na MCD podczas trwania akcji oraz umieszczonych na czujnikach, dla pozostałych elementów systemu PROTEUS bardziej adekwatne są testy kinematyczne. Testy te zostały opracowane i wykonane w 3 częściach:

a) test w terenie o zróżnicowanej widoczności, na stosunkowo małym obszarze i z małą prędkością poruszającego się niskiego pojazdu (teren CBK i jego najbliższe okolice);

b) test wewnątrz budynku (siedziby CBK oraz jednego z centrów handlowych);

c) test uliczny na pojeździe (dachu samochodu) poruszającym się w normalnym ruchu ulicznym w zróżnicowanym terenie.

• TEST NA TERENIE CBK PAN

Pomiar został wykonany z wykorzystaniem platformy ręcznej, na której zamontowano 6 testowanych układów GNSS. Test miał odzwierciedlić lokalizację robotów mobilnych w różnych warunkach środowiskowych. Trasa pomiarowa obejmowała przejazd w terenie otwartym, częściowo zasłoniętym drzewami i przejazd wzdłuż wysokiego budynku (rys. 9). Długość testu to około 45 minut, interwał pomiarowy – 1 sekunda.

Bardzo zbliżony jakościowo do u-bloxa 5 ślad pozostawił odbiornik bazujący na układzie Sifir Star III. Pozostałe moduły ułożyły się pomiędzy zilustrowanymi skrajnymi (rys. 10), które jednak (poza Fastraxem) bliższe były jakości śladu odbiornika u-blox LEA5H.

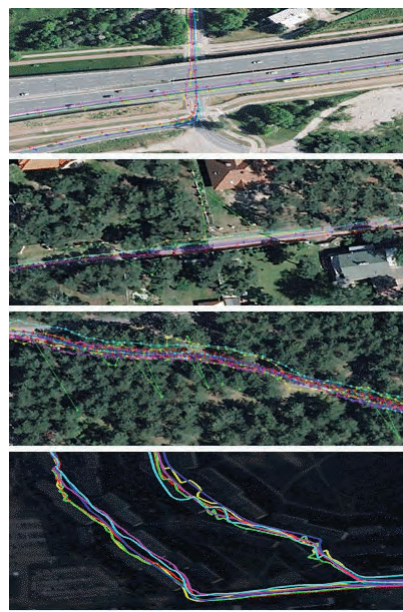
• TEST ULICZNY

Test uliczny wykonany został z wykorzystaniem specjalnie skonstruowanej platformy, na której umieszczono układy GNSS, a następnie zamontowano na dachu samochodu. Pomiar miał imitować lokalizację samochodów Mobilnego Centrum Dowodzenia i Mobilnego Centrum Operatorów Robotów. Test obejmował jazdę po szerokiej drodze z praktycznie całkowicie otwartym horyzontem, przejazd przez osiedle zabudowy niskiej, las, kanion miejski, a także przejazd przez parking naziemny wielokondygnacyjny. Całkowity czas trwania testu to około 2 godzin, interwał pomiarowy – 1 sekunda.

Podczas testów ulicznych ponownie najlepszymi chipami okazały się u-blox LEA5H oraz Sifir Star III (rys. 11). NovAtel daje bardzo dobre rozwiązania, ale potrzebuje bardzo dobrych warunków pomiarowych (wjazd do lasu czy kanionu miejskiego spowodował chwilowy brak pomiaru lub odskok pozycji na kilkadziesiąt metrów).

• TEST WEWNĄTRZ BUDYNKU

Trasa przejazdu z platformą pomiarową prowadziła korytarzami łącznika na dwóch najwyższych kondygnacjach, klatką schodową oraz korytarzem w prawym górnym skrzydle budynku. W tym teście nie wykorzystano odbiorników NovAtel oraz u-blox 4. Najdokładniejsze pozycje ponownie uzyskano z odbiornika u-blox 5 (rys. 12). Dla odbiornika z modulem Sifir Star III widać dobrze spadek jakości rozwiązań wraz z zagłębieniem się platformy na coraz niższe kondygnacje. W miarę sensowne wyniki uzyskane zostały praktycznie jedynie w sytuacji,



Rys. 11. Porównanie testowanych chipów GNSS w różnych warunkach środowiskowych (czerwony: u-blox LEA5H, żółty: u-blox LEA4P, zielony: NovAtel, niebieski: Fastrax, różowy: MTK, granatowy: Sifir Star III)

gdy odbiornik znajdował się na najwyższej kondygnacji, tuż pod dachem. Warto odnotować przy tym, iż przejścia wykonane były przez korytarze usytuowane pośrodku skrzydeł i ich łącznika, pomiędzy rzędami pokoi. Korytarze nie mają więc okien i nie sąsiadują bezpośrednio ze ścianami zewnętrznymi.

• POSTĘP Z KAŻDĄ NOWĄ GENERACJĄ

Z wykonanych dotychczas testów i analiz wynika, że z badanej grupy 6 odbiorników najwłaściwszym modulem dla układów lokalizacyjnych w sys-



Rys. 12. Zestawienie czterech chipów GNSS podczas pomiaru wewnątrz budynku CBK PAN (czerwony: u-blox LEA 5H, granatowy: Sifir Star III, niebieski: Fastrax, różowy: MTK)

temie PROTEUS jest u-blox LEA-5H. Wyraźnie można zauważyć znaczący postęp, jaki się dokonał w kolejnych generacjach poszczególnych grup układów, przy czym na najwyższą pochwałę zasługują zmiany wprowadzone w układach LEA zastosowanych w modułach u-blox. Lista testowanych urządzeń nie jest jeszcze zamknięta i w miarę pojawiania się na rynku sprawdzeniu poddane zostaną najnowsze moduły bazujące na układach Sifir Star IV oraz u-blox LEA-6x. Jak wykazały testy, nowe odbiorniki z podwyższoną czułością zwiększają dostępność rozwiązań, nie degradując przy tym ich jakości. Na przykładzie wyników rozwiązań z odbiornika NovAtel OEMV-3G zauważyć można, jak ważne w uzyskiwaniu dobrych wyników są zaimplementowane w układzie algorytmy i modele.

Dostępność sygnału w budynku w przypadku nowych i zaawansowanych modułów klasy LEA-5x i jego następców zachęca do ich zastosowania w Zestawach Nasobnych oraz Małym Robocie Mobilnym. Ze względu na niedoskonałość i niepewność rozwiązań lokalizacyjnych w tak trudnych warunkach obserwacyjnych planowane jest opracowanie zintegrowanego z modulem GNSS oprogramowania weryfikującego rozwiązania lokalizacyjne wspierane innymi, niezależnymi metodami.

Zaimplementowane w poszczególnych urządzeniach różnej jakości i dokładności modele i algorytmy liczenia wartości N nie odgrywają w przypadku systemu PROTEUS większej roli, gdyż bardziej dokładna wartość H_{msl} liczona będzie po „odtworzeniu” wysokości elipsoidalnej i uwzględnieniu dokładniejszego modelu geoidy dla obszaru Polski.

Zaprezentowane wyniki testów dalekie są od wyczerpania listy cech i parametrów, jakie powinny być wzięte pod uwagę przed podjęciem przez każdego użytkownika decyzji o wyborze konkretnego modelu odbiornika nawigacyjnego. Także dla potrzeb projektu PROTEUS lista ta będzie rozszerzana i planowane są kolejne testy, uwzględniające np. różnicowane możliwości poszczególnych modułów i ich wpływ na poprawę jakości i skuteczności lokalizowania elementów systemu podczas prowadzonych akcji (np. wsparcie systemem EGNOS).

KAROL BRZOSTOWSKI,
ANNA FOKS-RYZNAR,
PIOTR SITEK, RYSZARD ZDUNEK
(Centrum Badań Kosmicznych PAN)