

Dokładność i wykorzystanie sensorów GNSS w systemie mobilnej nawigacji śródlądowej*

Accuracy and the use of GNSS sensors
in a mobile navigation system for inland shipping

Grzegorz Zaniewicz, Agnieszka Sawczak

Marine Technology Sp. z o. o.

Słowa kluczowe: nawigacja mobilna, systemy pozycjonowania, nawigacja śródlądowa
Keywords: mobile navigation, positioning systems, inland shipping

Wstęp

MOBINAV jest projektem naukowym, polegającym na zaprojektowaniu i stworzeniu nawigacyjnej aplikacji mobilnej dla żeglugi śródlądowej. Docelowo aplikacja pozwalać ma na planowanie i realizację podróży oraz wymianę danych pomiędzy znajomymi na portalach społecznościowych. MOBINAV jest dedykowany użytkownikom pływających jednostek rekreacyjnych na wodach śródlądowych i wyposażony jest w odpowiednie dla nich narzędzia i sposób prezentacji informacji. Głównym celem jest opracowanie produktu dla turystycznych użytkowników dróg śródlądowych, który wykorzystując dostępne dane, przekaże użytkownikowi pożądaną informację w czytelny sposób, ułatwiając szeroko pojętą żeglugę. Produkt nie ma ograniczać się do aspektów nawigacyjnych, ma na celu dostarczenie dodatkowych funkcji potrzebnych turystom na szlaku żeglarskim. Aplikacja ma sposób wizualizacji danych dopasowany do potrzeb użytkownika, w tym celu wykorzystane zostały osiągnięcia współczesnej kartografii mobilnej (Gotlib, 2011).

Sensory GNSS w urządzeniach mobilnych

Nowoczesne urządzenia mobilne, takie jak smartfony i tablety, wyposażone są w wiele sensorów mających na celu wspieranie użytkownika w procesie interakcji ze światem rzeczywistym. Podstawowym wyposażeniem każdego urządzenia są czujniki, takie jak akcele-

* Prace badawcze nad systemem są realizowane w ramach projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER IV.

rometr i żyroskop, które pozwalają rozpoznać poziome i pionowe położenie telefonu i dostosować dzięki temu widok do ekranu. Kolejnymi sensorami są: magnetometr (mierzy siłę, kierunek i zwrot pola magnetycznego), czujnik zbliżeniowy (powoduje blokowanie i wygaszanie ekranu podczas zbliżania telefonu do ucha), czujnik obrazu, mikrofon, czujnik światła, wilgotności, temperatury, barometr (wspiera czujnik GPS dostarczając mu danych o wysokości) oraz czujnik GNSS. Coraz popularniejszy jest również czujnik biometryczny pozwalający na identyfikację wyjątkowych cech użytkownika, takich jak: odcisk palca, obraz oka lub nawet DNA.

W systemie MOBINA V ważną rolę odgrywa między innymi czujnik GNSS, który pozwala na lokalizację urządzenia mobilnego. Globalny System Nawigacji Satelitarnej GNSS składa się z amerykańskiego GPS, rosyjskiego systemu GLONASS, europejskiego Galileo, japońskiego QZSS oraz chińskiego BeiDou. W urządzeniach mobilnych wykorzystywany jest system GPS, w niektórych również GLONASS. Krótko mówiąc, pomiar położenia w systemie GNSS polega na pomiarze pseudoodległości pomiędzy satelitami a odbiornikiem, przez odbiór fali wysyłanej przez satelity. Pomiar ten wykonywany jest w stosunku do wszystkich widocznych satelitów, ich minimalna liczba konieczna do określenia pozycji wynosi 4. Im więcej satelitów jest widocznych tym uzyskane wyniki są dokładniejsze (Czarnecki, 2014).

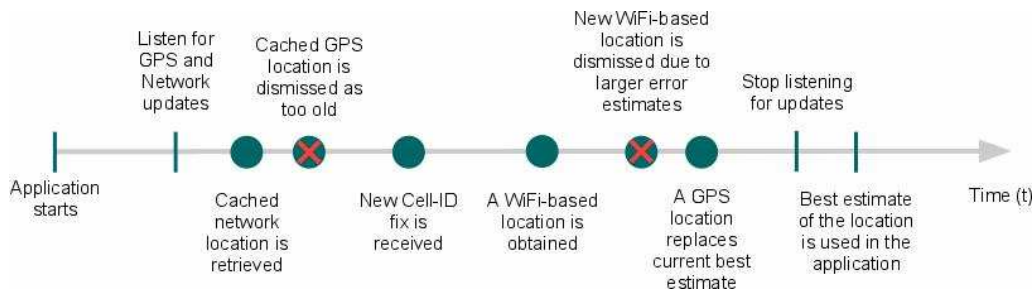
Alternatywą dla znanych systemów GNSS (GPS, GLONASS), jest także wykorzystywany w urządzeniach mobilnych, system AGPS.

AGPS (ang. *Assisted GPS*) jest to system wspomagający GPS wykorzystywany w telefonach komórkowych. Różnica między systemem GPS i AGPS polega na sposobie wyznaczania pozycji. W przypadku AGPS proces ten przeprowadzany jest z wykorzystaniem stacji bazowych GSM, czyli anten nadawczych operatorów komórkowych. Dokładność AGPS zależna jest od liczby stacji, z których korzysta i odległości od nich, ale jest ona mniejsza niż w przypadku GPS. Powoduje to, że w mieście gdzie jest więcej stacji GSM działanie systemu AGPS jest lepsze. Przy dobrych warunkach dokładność określenia pozycji systemu AGPS wynosi 15 m na zewnątrz budynku, 50 m wewnątrz), a w przypadku GPS nawet poniżej 10 m (Djuknic i in., 2001). Udogodnieniem jakie wnosi system AGPS, jest przyspieszenie procesu wyznaczenia pierwszej (od włączenia) pozycji (ang. *TTFB Time to First Fix*) tak zwanego „zimnego startu”, w przypadku gęstej zabudowy czy słabego sygnału. Czas niezbędny do odebrania sygnału GPS może wynosić od 30 sekund do kilku minut. Uzależnione jest to między innymi od położenia odbiornika lub też ilości zasłon terenowych (np. budynki, drzewa, urządzenia emitujące fale elektromagnetyczne o dużym natężeniu). Dzięki wykorzystaniu AGPS możliwe jest przyspieszenie tego procesu o 30-50% (LaMance i in., 2002).

Wykorzystanie sensorów GNSS w MOBINA V

W aplikacji MOBINA V system GNSS wykorzystywany jest przede wszystkim do określania pozycji użytkownika, ale również jako źródło kursu (względem ładu) i prędkości jednostki którą się porusza. W tym celu wykorzystany został sensor pozycji wbudowany w urządzenie mobilne użytkownika aplikacji. Dzięki wyznaczonej lokalizacji, możliwe jest wykonywanie wielu analiz takich jak: wyznaczanie trasy, określanie odległości od wybranych obiektów albo określanie bufora bezpieczeństwa dla przeszkód nawigacyjnych.

Aplikacja, w zależności od warunków powinna wykorzystywać optymalny dla danej sytuacji system pozycjonowania. Wybór nie zawęża się do wykorzystywania jedynie sensora



Rysunek 1. Procedura wyznaczenia pozycji w aplikacji na platformę Android (źródło: Android API Guide)

GNSS, w którym dokładność uzyskanej pozycji może być niewystarczająca, ale również do użycia metody kombinowanej, ze wspomaganie AGPS.

Na rysunku 1 przedstawiono kolejność operacji niezbędnych do wykonania na platformie Android w celu wyznaczenia pozycji w układzie geograficznym. Schemat pokazuje procedurę wyznaczenia pozycji z uwzględnieniem dostępności sygnału z poszczególnych sensorów pomiarowych, tj. GPS, AGPS, itd.

Porównanie dokładności sensorów GNSS

Do określenia dokładności sensorów GNSS urządzeń mobilnych, wykorzystano urządzenia zakupione w ramach realizowanego projektu. Przy ich wyborze, kierowano się głównie rozmiarami przekątnych ekranu oraz zainstalowanymi systemami operacyjnymi. Istotnym elementem były też sensory lokalizacyjne, jako niezbędne źródło danych dla budowanego systemu MOBINA V.

W artykule zaproponowano dwa scenariusze pomiarowe, weryfikujące dokładność dostępnych urządzeń mobilnych. W trakcie pomiarów wykorzystano urządzenia podane w tabeli 1.

Dla zapisu danych z sensorów GNSS, wykorzystano oprogramowanie generujące sentencje NMEA-0183:

- NMEA Recorder – dla urządzeń z systemem Android,
- aplikacja autorska – dla urządzenia z systemem Windows Phone,
- Visual GPS – dla odbiornika GPS/USB.

Tabela 1. Urządzenia mobilne wykorzystane w testach dokładności

Nazwa i typ urządzenia	Sensor GNSS	OS
Smartfon Xiaomi MI3	GPS/GLONASS, TDK-EPC	Android
Smartfon Samsung Galaxy S4	GPS/GLONASS, Broadcom	Android
Smartfon Nokia Lumia 1520	GPS/GLONASS, Qualcomm® IZat™	Windows Phone
Tablet Sony XPERIA Z2	GPS/GLONASS, b.d.	Android
Odbiornik GPS Navilock NL – 302U ze złączem USB	GPS, SiRFstarIII™	Brak

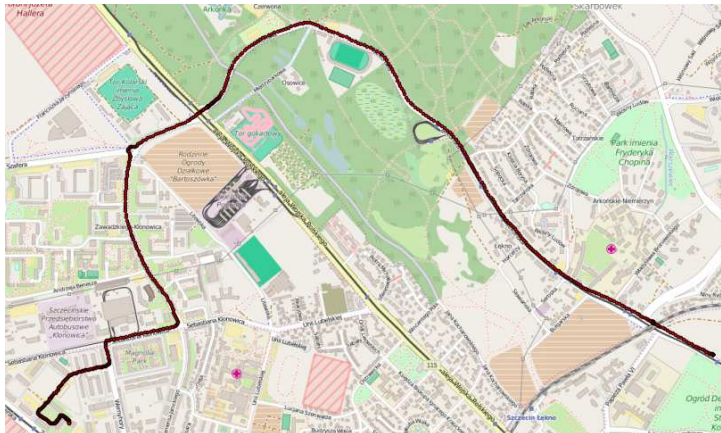
Wszystkie dane zsynchronizowano czasowo względem sentencji czasu NMEA, uwzględniono ewentualne przesunięcia względem danych referencyjnych, przeliczono wyniki do układu UTM, a następnie poddano analizie i opracowaniu.

Weryfikacja wskazań HDOP

W pierwszym scenariuszu, założono sprawdzenie urządzeń w czasie rejestracji danych podczas ruchu. W tym celu wszystkie urządzenia zostały ustawione w tryb zapisu i położone w tylnej części samochodu, który symulował jednostkę pływającą (rys. 2). Cała trasa (zapis) trwała 11 minut i przebiegała ulicami Szczecina (rys. 3). Wszystkie urządzenia były ustawione w trybie *offline*, czyli nie korzystały z danych mobilnych dla wspomagania ustalania pozycji.



Rysunek 2. Urządzenia mobilne wykorzystane w scenariuszach pomiarowych od lewej: Nokia, Sony, GPS/USB, Samsung, Xiaomi (opracowanie własne)



Rysunek 3. Mapa przejazdu w ramach scenariusza weryfikacji HDOP (opracowanie własne na podstawie OSM)

Założeniem przeprowadzonego testu było porównanie informacji HDOP, czyli wskaźnika dokładności odczytu danych GNSS (Langley, 1999). Wykonano wykres zależności HDOP dla poszczególnych urządzeń i na podstawie tego parametru policzono statystyki: minimum, maksimum, odchylenie standardowe i średnią (tab. 2). W tabeli 3 przedstawiono liczbę i rodzaj śledzonych podczas pomiaru satelitów.

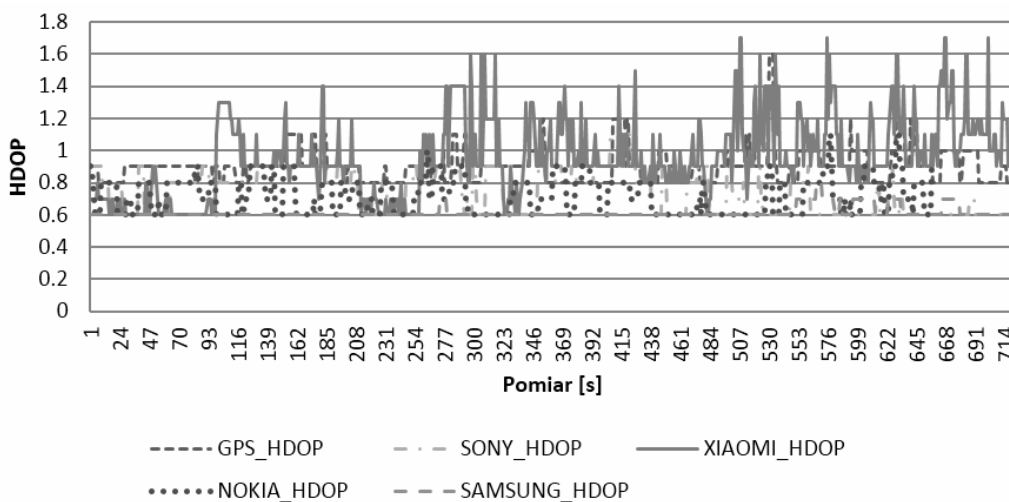
Tabela 2. Statystyki HDOP dla poszczególnych urządzeń mobilnych

HDOP	Maksimum	Minimum	Odchylenie standardowe	Średnia
GPS	1,6	0,8	0,11010649	0,898752
NOKIA	1,1	0,6	0,11727255	0,715805
SAMSUNG	0,8	0,6	0,03379135	0,61165
SONY	1,1	0,6	0,1368089	0,736755
XIAOMI	1,7	0,6	0,24510621	0,953121

Tabela 3. Liczba i rodzaj satelitów śledzonych podczas pomiaru

Liczba śledzonych satelitów	Średnia	Rodzaj
GPS	10,2	GPS
NOKIA	brak danych	brak danych
SAMSUNG	10,4	GPS+GLONASS
SONY	10,8	GPS
XIAOMI	9,9	GPS

Z przedstawionych statystyk i wykresu wskazań HDOP (rys. 4) wynika, że podczas tego scenariusza najlepiej zachowywał się sensor zamontowany w urządzeniu Samsung. Dobre wyniki uzyskano również z urządzeń Nokia i Sony. Należy podkreślić, że wszystkie urządzenia w swoim średnim odczycie HDOP zmieściły się w stanie „idealnym”. Największe skoki wykazano w urządzeniu Xiaomi i GPS/USB.

**Rysunek 4.** Wykres zmian wskaźnika HDOP względem punktów pomiarowych (opracowanie własne)

Porównanie z danymi referencyjnymi

W drugim scenariuszu założono porównanie danych o pozycji z dwóch urządzeń jednocześnie. W tym celu, wykorzystano dane referencyjne stosując mobilny zestaw pomiarowy GNSS/RTK Trimble R6, który ustawiono na pracę ze stacją referencyjną poprawek czasu rzeczywistego VRS-NET.

Dzięki użyciu systemu GNSS/RTK uzyskuje się dokładność pomiaru pozycji, sięgającą wartości centymetrowych. Porównując te dane z danymi z urządzeń mobilnych, istnieje możliwość policzenia odległości pomiędzy dwoma wskaźnikami pozycji, po uprzednim zsynchronizowaniu ich po czasie GPS. Na rysunku 5 przedstawiono zdjęcie zestawu pomiarowego.



Rysunek 5. Zestaw pomiarowy do testowania różnic między urządzeniem mobilnym a wskazaniami GNSS/RTK (opracowanie własne)

GNSS/RTK

**Miejsce montażu
urządzenia mobilnego**

Rysunek 6. Mapa pogłądowa z linią pomiarową (źródło: www.geoportal.gov.pl)

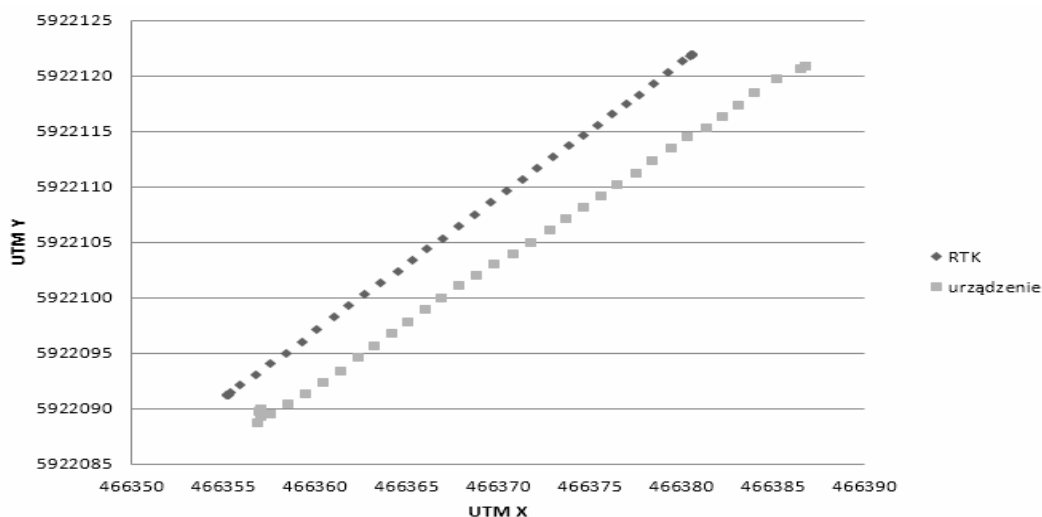


Pomiar polegał na przejściu krokiem jednostajnym, po ustalonej linii pomiarowej przy jednoczesnym zapisie z dwóch urządzeń. Długość linii to około 28 m (rys. 6).

Zapisane pozycje (z częstotliwością 1Hz), w urządzeniach – poprzez oprogramowanie do zapisu sentencji NMEA oraz w kontrolerze RTK, przeliczono w programie PC Trans do układu współrzędnych UTM 33N (Universal Transverse Mercator), co ułatwiło obliczenie odległości pomiędzy punktami i przedstawienie statystyk.

Dla przedstawienia wyników niniejszego scenariusza wykorzystano dane z trzech urządzeń mobilnych: 1) Samsung, który wypadł najlepiej w scenariuszu pierwszym, 2) Sony, jedyny tablet wśród opisywanych urządzeń oraz 3) Xiaomi wykazujący największe odchylenia w pomiarze HDOP. Dla tego ostatniego, oprócz „surowego” zapisu danych z sensora GNSS, wykonano dodatkowy pomiar z dostępem do danych sieciowych wspomagających ustalenie pozycji A-GPS (ang. *Assisted GPS*). W trakcie testów liczba śledzonych satelitów przez wykorzystane urządzenia wynosiła około 9-10.

Sensor pozycji GNSS w urządzeniu Samsung uzyskał wartość średnią różnic pomiędzy punktami około 4,4 m (rys. 7). Można stwierdzić, że na całej długości pomiaru różnica około 4 m utrzymywała się w stosunku do punktów referencyjnych z RTK.

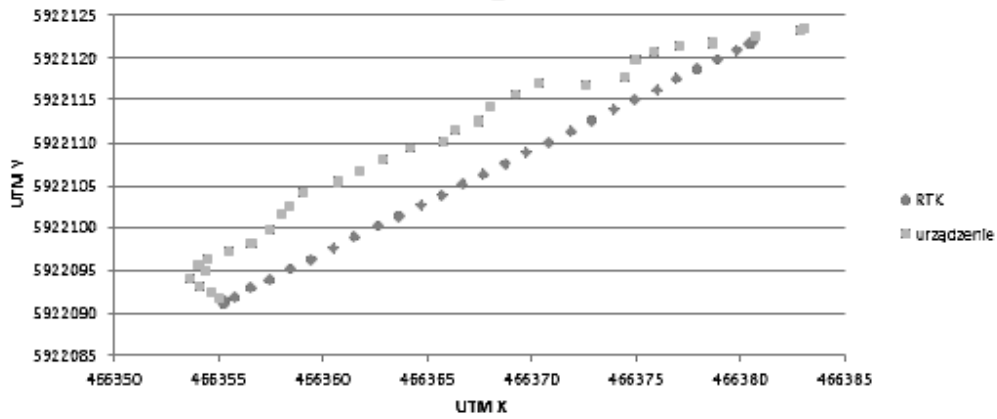


Rysunek 7. Pomierzone punkty z urządzeń Samsung i RTK

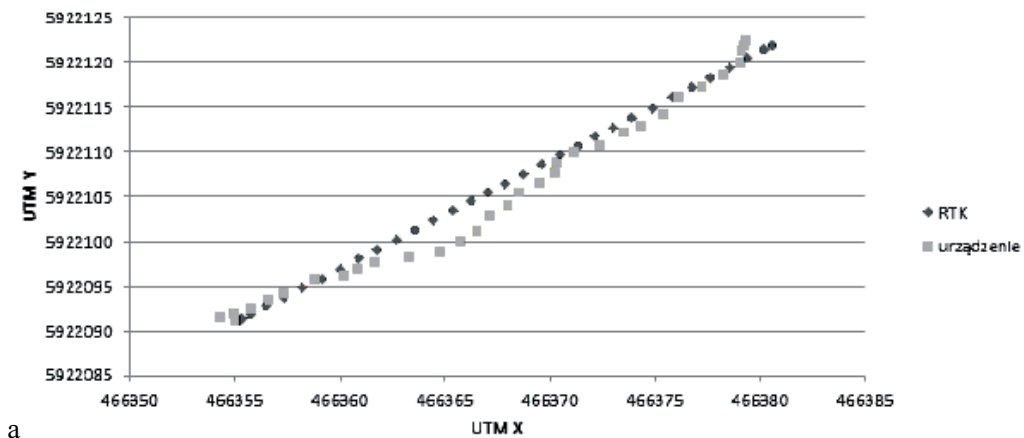
Tablet Sony wykazał różnicę odległości w granicach 4,2 m (rys. 8). Można też zauważyć, że w miejscu startu zapisu danych i w końcówce zapisu – tam gdzie pomiar zbliżał się do statycznego, punkty pokrywają się. Dane z sensora w tablecie Sony mają charakter niejednostajny, punkty są rozproszone w porównaniu do poprzednich danych z sensora smartfona Samsung.

W urządzeniu Xiaomi, w pomiarze wykonanym z działającym tylko sensorem GNSS, średnia odległość pomiędzy punktami wyniosła 1,4 m (rys. 9a), natomiast w pomiarze wykonanym z podłączoną wymianą danych w łączności 3G (rys. 9b) odległość ta wyniosła 0,8 m.

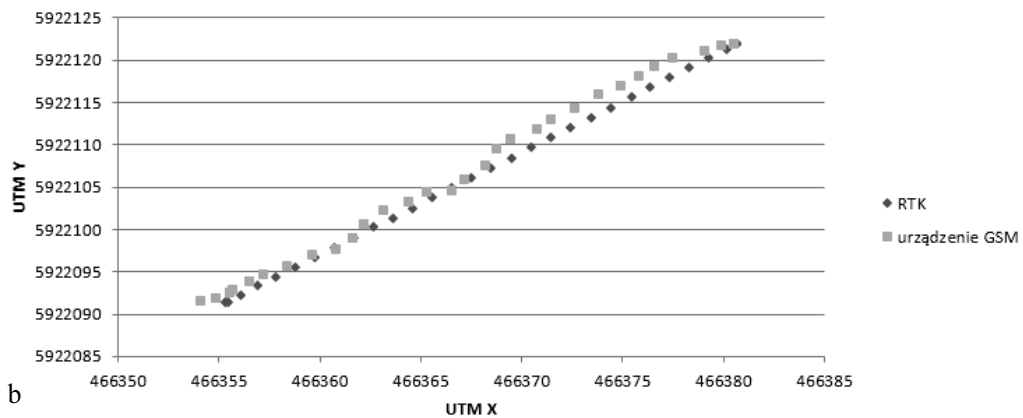
Uzyskane wyniki z urządzeń mobilnych w porównaniu do danych zebranych sprzętem geodezyjnym, pozwalają stwierdzić, że otrzymana dokładność jest wystarczająca dla prowadzenia nawigacji na śródlądowych drogach wodnych.



Rysunek 8. Pomierzone punkty z urządzeń Sony i RTK



a



b

Rysunek 9. Pomierzone punkty z urządzeń RTK i Xiaomi: a – bez podłączenia do sieci wymiany danych, b – z podłączeniem do 3G

Podsumowanie

Wykorzystanie sensorów GNSS w urządzeniach mobilnych, wydaje się odpowiednim rozwiązaniem dla użytkowników korzystających z systemu mobilnej nawigacji śródlądowej. Pełna mobilność sensora GNSS, brak kabla pomiędzy urządzeniem a anteną, to podstawowa zaleta takiego rozwiązania.

Analizowane odbiorniki GNSS uzyskują dokładność submetrową, która wydaje się dostatecznie dobra dla prowadzenia bezpiecznej nawigacji na śródlądowych drogach wodnych.

Współczynnik HDOP, na którym skupiono się w pierwszym doświadczeniu, okazał się nie do końca wiarygodnym parametrem do oceny dokładności. Sensor uzyskujący najslabszy wynik parametru HDOP, uzyskał najlepszy wynik w scenariuszu drugim, w którym dokonano porównania z metodą RTK.

W aplikacji mobilnej, która powstaje w ramach projektu MOBINA_V, należy przewidzieć wskaźnik dokładności systemu pozycyjnego, aby użytkownik był w stanie określić stopień błędu określenia pozycji własnej.

Przedstawione wyniki są wstępem do prowadzenia dalszych badań związanych z dokładnością sensorów GNSS w urządzeniach mobilnych i integracji danych w budowanym systemie MOBINA_V.

Literatura

- Djuknic G.M., Richton R.E., 2001: Geolocation and assisted GPS. *Computer* 34(2).
 Gotlib D., 2011: Metodyka prezentacji kartograficznych w mobilnych systemach lokalizacyjnych i nawigacyjnych. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Geodezja* z. 48.
 Czarnecki K., 2014: Geodezja współczesna. Wydawnictwo Naukowe PWN.
 LaMance J., DeSalas J., Järvinen J., 2002: Assisted GPS: a low-infrastructure approach. *GPS World* 13(3).
 Langley R.B., 1999: Dilution of precision. *GPS World* 10(5).

Streszczenie

Systemy mobilne charakteryzują się dynamiczną prezentacją informacji w zależności od zmieniającego się położenia obserwatora, w tym przypadku jednostki nawodnej. Kluczowym elementem jest zatem uwzględnienie pozycji jednostki własnej w systemie. Zwykle jest ona pozyskiwana metodami satelitalnymi za pomocą powszechnie stosowanych odbiorników GNSS.

W ramach budowy autorskiego systemu mobilnej nawigacji śródlądowej MOBINA_V, autorzy podjęli się weryfikacji dokładności sensorów GNSS wbudowanych w wybrane urządzenia mobilne. Zaproponowano dwa scenariusze testowe. Pierwszy z nich, zakładał porównanie wskaźnika HDOP oraz ilości śledzonych satelitów w trakcie przejazdu testowego samochodem osobowym. W drugim scenariuszu, porównano dane GNSS z urządzeń mobilnych z danymi referencyjnymi.

Abstract

Characteristic issue in mobile systems is dynamic presentation of information, depending on the continuously changing observer's position (a boat in case of MOBINA_V). Thus, the key issue is to consider the own ship position in the system. Usually it is obtained from satellite systems with commonly used GNSS receivers built in mobile devices.

Proposing MOBINA^V, the original, mobile navigation system for inland shipping, the authors attempted to verify the accuracy of GNSS sensors built in selected mobile devices. Two testing scenarios have been proposed. The first one has assumed the comparison of the HDOP index and the number of traced satellites during the passenger car test. In the second scenario the GNSS data from mobile devices has been compared to reference data.

mgr inż. Grzegorz Zaniewicz
g.zaniewicz@marinetechnology.pl

inż. Agnieszka Sawczak
a.sawczak@marinetechnology.pl