

Kazimierz MIŚKIEWICZ
Politechnika Śląska, Gliwice

ZASTOSOWANIE ODBIORNIKÓW GPS W GEOTURYSTYCE

Streszczenie. Rozwój systemu GPS, dostępność stosunkowo tanich małych odbiorników GPS spowodował różnorakie zastosowanie tego systemu, w tym także w turystyce i geoturystyce. W referacie skrótowo przedstawiono zasadę funkcjonowania systemu GPS. Dokonano przeglądu rozwiązań odbiorników GPS. Omówiono problematykę ustawiania w odbiornikach GPS układów współrzędnych stosowanych na polskich mapach. Zwrócono uwagę na cechy funkcjonalne odbiorników GPS istotne w geoturystyce

APPLICATION OF GPS RECEIVER IN GEOTOURISM

Summary. Development of GPS system, availability of relatively small, inexpensive GPS receivers caused various application of this system, including tourism and geotourism. GPS system functioning has been briefly presented in the paper. The review of solutions of GPS receivers has been made. The issue how to set the coordinate system applied in Polish maps was discussed. Attention was paid to functional features of GPS essential in geotourism.

1. Wstęp

Opanowanie techniki satelitarnej umożliwiło w Stanach Zjednoczonych rozpoczęcie w 1973 r. prac na budowę satelitarnego systemu pozycyjnego GPS-NAVSTAR (Global Positioning System – Navigation Satellite Time and Ranging) zwanego obecnie systemem GPS [4, 5]. W 1995 r. System GPS osiągnął zdolność operacyjną. Jest własnością rządu Stanów Zjednoczonych. Oprócz swego pierwotnego militarnego zastosowania znajduje obecnie wiele zastosowań cywilnych. Spadek cen odbiorników GPS (najtańsze poniżej 500 zł) umożliwił ich zastosowanie w turystyce (w tym także w geoturystyce).

2. Wyznaczanie pozycji odbiornika GPS

Jeżeli odbiornik GPS odbiera sygnały z 4 satelitów, znajdujących się w punktach o współrzędnych (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) , (x_3, y_3, z_3) , (x_4, y_4, z_4) , określi czasy propagacji fali elektromagnetycznej z poszczególnych satelitów Δt_{c1} , Δt_{c2} , Δt_{c3} , Δt_{c4} , to położenie odbiornika (x, y, z) można obliczyć przez rozwiązanie układu 4 równań z czterema niewiadomymi (współrzędne x, y, z położenia odbiornika GPS oraz przesunięcie Δt_z zegara odbiornika w stosunku do zegarów na pokładzie satelitów) [4, 5]:

$$\begin{aligned} (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2 &= [c \cdot (\Delta t_{c1} - \Delta t_z)]^2 \\ (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2 &= [c \cdot (\Delta t_{c2} - \Delta t_z)]^2 \\ (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2 &= [c \cdot (\Delta t_{c3} - \Delta t_z)]^2 \\ (x_4 - x)^2 + (y_4 - y)^2 + (z_4 - z)^2 &= [c \cdot (\Delta t_{c4} - \Delta t_z)]^2 \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie c – prędkość fali elektromagnetycznej.

Jest to idea systemu GPS. Dla praktycznego funkcjonowania systemu GPS istotne są następujące problemy:

- Mały poziom sygnału na wejściu odbiornika GPS. Satelity systemu GPS nadają sygnały w pasmach L1 (1575 MHz) i L2 (1227MHz). Tylko w kanale L1 nadawany jest kod C/A (coarse acquisition) wykorzystywany przez turystyczne odbiorniki GPS. Duża odległość satelitów (ponad 20 000 km) powoduje, że odbiornik odbiera sygnał poniżej poziomu szumów i w odbiorniku trzeba było zastosować odbiór korelacyjny. Las czy też wysokie budynki mogą poważnie ograniczyć możliwości pracy odbiorników GPS. Zastosowanie chipsetów SiRF Star III pozwoliło na poprawę czułości¹ odbiorników GPS [2].
- Dla określenia aktualnej pozycji satelitów oraz uwzględnienia wpływu aktualnego stanu atmosfery satelity nadają (z przepływnością 50 bitów/s) wiele danych (parametry orbit, parametry atmosfery) w postaci depeszy nawigacyjnej o całkowitym czasie trwania 12,5 min. Zarówno ten czas, jak i budowa depeszy nawigacyjnej decydują o czasie TTFF² (time to first fix) odbiornika GPS.

W danych technicznych odbiorników GPS podawane są następujące czasy TTFF [3]:

¹ Czułość odbiornika jest to minimalny poziom sygnału, przy którym pracę odbiornika można uznać za poprawną.

² Czas od uruchomienia odbiornika GPS do pierwszego ustalenia położenia.

- czas gorącego startu (dla przypadku gdy w pamięci odbiornika są aktualne parametry orbit satelitów, a odbiornik jest zsynchronizowany z czasem GPS),
- czas ciepłego startu (odbiornik utracił synchronizację z czasem GPS, parametry orbit satelitów są starsze od 4 godzin i jest znane przybliżone położenie odbiornika),
- czas zimnego startu (znane jest przybliżone położenie odbiornika, natomiast parametry orbit satelitów są całkowicie nieaktualne),
- czas przeszukiwania nieba (w przypadku pierwszego uruchomienia odbiornika GPS).

Dokładność określenia pozycji zależy od wielu czynników [1] i w terenie otwartym jest rzędu 15 m.

3. Ulepszenia systemu GPS

Zmniejszenie błędu określania pozycji w systemie GPS można zmniejszyć przez zastosowanie układu różnicowego GPS [4]. Stosuje się wtedy 2 odbiorniki GPS, z których jeden (zwany referencyjnym) umieszczony jest w punkcie o znanych współrzędnych (np. określonych pomiarami geodezyjnymi). Odbiornik referencyjny, znając swoje położenie, oblicza poprawki pomiarów w systemie GPS. Poprawki są następnie przesyłane drogą radiową do drugiego odbiornika GPS.

Poprawki można także transmitować drogą satelitarną w systemach SBAS (Satelite Based Augmentation Stations). Na terenie Europy został uruchomiony system SBAS pod nazwą EGNOS (European Geostationary Overlay System) [8].

System EGNOS transmituje poprawki przez trzy satelity umieszczone na orbitach geostacjonarnych (IOR-W, ARTEMIS, AOR-E [8]).

Satelity systemu EGNOS są umieszczone stosunkowo nisko nad horyzontem, co ogranicza odbiór sygnałów z tych satelitów przez odbiorniki GPS. Wiele produkowanych obecnie odbiorników GPS ma możliwość odbioru sygnałów systemu EGNOS, co pozwala uzyskać dokładność wyznaczania pozycji do około 3 m [1].

Poprawki systemu EGNOS są również dostępne za pośrednictwem internetu. Została uruchomiona usługa SISNeT (Signal in Space trough the Internet) [9], pozwalająca odbierać poprawki z serwera danych SISNeT. Ze względu na używanie odbiornika GPS w terenie sensownym sposobem dostępu do internetu jest telefon komórkowy, wykorzystujący np. transmisję GPRS lub PDA z funkcją telefonu komórkowego.

Różnicowe wyznaczanie pozycji daje dokładność rzędu 3 – 5 m [1].

4. Współrzędne stosowane na mapach

Podstawową funkcją odbiornika GPS jest określenie swojej pozycji i podanie jej na wyświetlaczu (w postaci trzech liczb) lub przesłanie do innego urządzenia współpracującego (np. komputer). Podstawowym układem współrzędnych dla systemu GPS jest elipsoida WGS-84, a współrzędne podawane są jako szerokość geodezyjna, długość geodezyjna, wysokość elipsoidalna. Przy współpracy z mapą układ współrzędnych odbiornika GPS powinien być zgodny z układem współrzędnych na mapie. Turystyczne odbiorniki GPS posiadają możliwość ustawienia innych predefiniowanych elipsoid odniesienia, jednak brak wśród nich elipsoidy Krasowskiego, stosowanej na wielu polskich mapach. W takim przypadku należy zdefiniować w odbiorniku tzw. elipsoidę użytkownika (user datum).

Elipsoidę użytkownika definiuje się podając jej następujące parametry:

- DX, DY, DZ – współrzędne środka elipsoidy użytkownika w układzie WGS-84,
- $DA = A_{WGS84} - A$ – różnica promieni równika elipsoidy WGS84 i wybranej elipsoidy odniesienia,
- $DF = (F_{WGS84} - F) * 10000$ – różnica współczynnika spłaszczenia elipsoidy WGS84 i wybranej elipsoidy odniesienia pomnożona przez 10000.

Elipsoidę Krasowskiego definiują następujące parametry [10, 11]:

DX	23.7
DY	-123.8
DZ	-81.8
DA	-108
DF	0.00480795

Ponadto, w odbiorniku należy określić format wyświetlania pozycji. Pozycja może być wyświetlana w stopniach lub wg odpowiedniej siatki kilometrowej. Turystyczne odbiorniki GPS posiadają możliwość ustawienia innych predefiniowanych siatek, jednak brak wśród nich siatek stosowanych na polskich mapach. W takim przypadku należy zdefiniować w odbiorniku tzw. siatkę użytkownika (user UTM grid), podając odpowiednie parametry odwzorowania Gaussa Krügera [10], takie jak:

- L - środkowy południk pasa przyjętego dla wykonania mapy w odwzorowaniu Gaussa Krügera (dla polskich map turystycznych 15, 21, 28),
- m - współczynnik skali,
- FE, FN - współrzędne początku układu (punkt przecięcia równika i środkowego południka).

Parametry siatki użytkownika dla najczęściej spotykanych układów współrzędnych na polskich mapach podano w tabeli 1 [10, 11].

Tabela 1

Parametry siatki użytkownika dla układów współrzędnych spotykanych na polskich mapach

Nazwa układu	Elipsoida odniesienia	Lo	m	FE	FN
1942/3	Krasowskiego	15°00'	1.0	3500000	0
1942/4	Krasowskiego	21°00'	1.0	4500000	0
1942/5	Krasowskiego	27°00'	1.0	5500000	0
1965/1	Krasowskiego	21°05.00	0.9998	4 637 000	-0 142 346
1965/2	Krasowskiego	21°30.167'	0.9998	4 603 000	-0 067 766
1965/3	Krasowskiego	17°00.500'	0.9998	3 501 000	+0 060 542
1965/4	Krasowskiego	16°40.333'	0.9998	3 703 000	-0 098 675
1965/5	Krasowskiego	18°57.500'	0.999830	0 237 000	-4 700 000
GUGIK 80	Krasowskiego	19°10.0'	0,999714	0 500 000	0 500 000
1992	WGS-84	19°00.0'	0,9993	-5 300 000	0 500 000
2000/5	WGS-84	15°	0,999923	5 500 000	0
2000/6	WGS-84	18°	0,999923	6 500 000	0
2000/7	WGS-84	21°	0,999923	7 500 000	0
2000/8	WGS-84	24°	0,999923	8 500 000	0

5. Funkcje realizowane przez odbiornik GPS

Podstawową funkcją odbiornika GPS jest wyświetlenie współrzędnych pozycji odbiornika w zadanym układzie współrzędnych i zadanym formacie. Szereg odbiorników wyświetla dodatkowe informacje, takie jak:

- prędkość i kierunek ruchu odbiornika,
- poziom sygnałów odbieranych z poszczególnych satelitów,
- aktualne rozmieszczenie na niebie satelitów,
- dokładność określenia pozycji.

Prócz tego odbiorniki GPS obsługują następujące funkcje:

- punkty trasy (ang. waypoint) – możliwość wprowadzenia do odbiornika charakterystycznych punktów terenowych (przez wpisanie współrzędnych, lub jako aktualne położenie odbiornika) wraz z odpowiednią nazwą. Położenie tych punktów będzie wyświetlane na wyświetlaczu odbiornika,

- rejestracja śladu (ang. track) – pamiętanie kolejnych pozycji odbiornika GPS i wyświetlanie przebytej trasy na ekranie odbiornika GPS,
- goto – wskazywanie kierunku i odległości do charakterystycznego punktu (waypoint),
- powrót po śladzie (ang. TrackBack),
- trasy (ang. route) – za pomocą ciągu punktów pośrednich, na wyświetlaczu odbiornika GPS można na bieżąco śledzić, jak aktualna trasa różni się od wyznaczonej.

Komunikacja z komputerem umożliwiająca transmisję w obie strony punktów trasy, śladów, tras, a także map (dla odbiorników wyświetlających mapy). Dla tej komunikacji niezbędne jest oprogramowanie obsługujące protokół transmisji obsługiwany przez odbiornik. Warto używać programów obsługujących mapy, np. QuoVadis, OziExplorer.

Zaawansowane funkcje odbiorników GPS:

- autorouting – wyznaczanie trasy pomiędzy dwoma punktami na mapie wektorowej załadowanej do odbiornika. Początkowym punktem trasy może być aktualna pozycja odbiornika,
- nawigacja głosowa – emisja komunikatów głosowych, dotyczących zachowania się w charakterystycznych punktach trasy. W przypadku jazdy samochodem są to informacje o tym, jak jechać na skrzyżowaniu.

6. Odbiorniki GPS dla celów turystycznych

Wśród odbiorników GPS dla turystyki można wyróżnić następujące rozwiązania:

- urządzenia pełniące funkcje tylko odbiornika GPS:
 - odbiorniki ręczne (bez mapy, z mapą, z mapą i autoroutingiem),
 - odbiorniki samochodowe (stacjonarne);
- zestawy palmtop + odbiornik GPS,
- zestawy telefon komórkowy + odbiornik GPS z łączem Bluetooth lub telefon komórkowy z wbudowanym odbiornikiem GPS.

Na rys.1 przedstawiono przykłady turystycznych odbiorników GPS. Uzyskanie dużych możliwości funkcjonalnych odbiornika GPS można osiągnąć przez zastosowanie palmtopa³

³ Mały, przenośny komputer osobisty. Mieści się w dłoni lub w kieszeni (ang. *palm* - dłoń, *top* - na wierzchu). Palmtopy są wyposażone w system operacyjny. Można w nich zainstalować programy użytkowe.

(PDA - Personal Digital Assistant). Prosty odbiornik GPS jest wtedy łączony z PDA w następujący sposób:

- łączem Bluetooth⁴,
- łączem USB (Universal Serial Bus),
- łączem szeregowym (RS232).



Rys. 1. Przykłady turystycznych odbiorników GPS. a – GPS60 (ręczny bez mapy), b – Forerunner 305 mocowany do przegubu jak zegarek, c – GPSMap76Cs (z mapą) GPSMap276C do instalacji w samochodzie

Fig. 1. Examples of GPS receivers

Odbiornik GPS może być również wkładamy do odpowiedniego złącza w PDA. Integralną częścią zestawu palmtop – odbiornik GPS jest mapą wraz oprogramowaniem do obsługi mapy i odbiornika GPS. Można wykorzystać mapy komercyjne (np. AutoMapa, GPMapa, MapaMap, Navigo) lub mapy realizowane w ramach projektów otwartych, np. UMP (Unofficial Map of Poland). Przykłady palmtopa wraz różnymi rodzajami odbiorników GPS pokazano na rys. 2

W przypadku zastosowania telefonów komórkowych odbiornik GPS może być integralną częścią telefonu (np. Siemens SXG 75) lub może być oddzielnym modułem łączonym z telefonem, np. łączem Bluetooth.

⁴ Łącze radiowe o małym zasięgu (15 m) pracujące w paśmie 2.4 GHz

7. Wykorzystanie odbiorników GPS w turystyce

Istnieją następujące możliwości wykorzystania odbiorników GPS:

- obsługa punktów użytkownika (waypoint),
- obsługa śladów,
- obsługa tras.

Punkty użytkownika wprowadzone do odbiornika GPS mogą być wykorzystane do znajdowania charakterystycznych punktów w terenie. Będąc w terenie, można wykorzystać funkcję GoTo i wtedy odbiornik podaje odległość i kierunek do danego punktu użytkownika.



PDA iPAQh2790



HI 303S ze złączem CompactFlash



iTec BT-339 z modulem BlueTooth



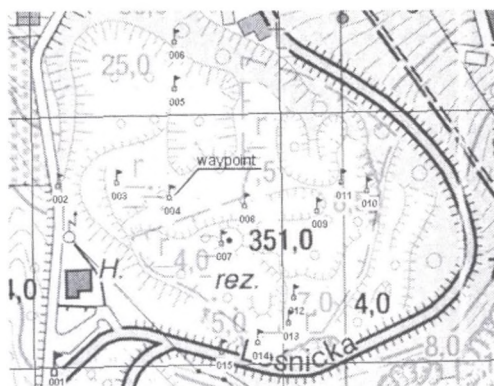
Odbiornik GPS Altna GGM308 ze złączeniem USB

Rys. 2. Przykład palmtopa wraz różnymi współpracującymi odbiornikami GPS
Fig. 2. Example of PDA and GPS receivers

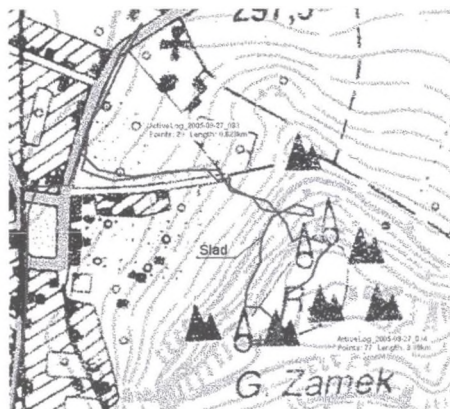
Punkty użytkownika można wprowadzić w następujący sposób:

- ręczne wprowadzenie współrzędnych punktu na podstawie danych:
 - odczytanych z mapy,
 - z baz punktów użytkownika zamieszczonych na stronach internetowych i niektórych mapach,
- transmisja z komputera. W komputerze należy zainstalować oprogramowanie do obsługi odbiornika GPS (np. Quovadis lub OziExplorer), punkty użytkownika zaznaczyć na mapie (skalibrowanej) i skopiować do odbiornika GPS,
- w terenie jako aktualne położenie odbiornika GPS.

Przykład fragmentu mapy z zaznaczonymi punktami użytkownika (uzyskanymi w terenie) pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Przykład mapy z zaznaczonymi punktami użytkownika (rejon Góry Świętej Anny)
Fig. 3. Map with marked waypoints



Rys. 4. Przykład mapy z zaznaczonymi śladami Jura Krakowsko-Częstochowska [7]
Fig. 4. Example of map with marked tracks [7]

Ślady są rejestrowane w odbiorniku GPS w trakcie poruszania się w terenie. Są prezentowane na wyświetlaczu odbiornika GPS. Jeżeli odbiornik GPS jest wyposażony w mapę lub jest połączony z PDA lub telefonem komórkowym z zainstalowaną odpowiednią mapą, to ślad jest rysowany na tle mapy. Ślady można przegrać do komputera i wyświetlić na tle skalibrowanej mapy, korzystając z oprogramowania do obsługi odbiorników GPS (np. QuoVadis lub OziExplorer). Ślad można wykorzystać do poruszania się w terenie (wprzód i w tył). Zarejestrowane ślady można znaleźć w internecie, skopiować do odbiornika i wykorzystać do nawigacji.

Przykłady punktów użytkownika i zarejestrowanych śladów tras geoturystycznych z Jury Krakowsko-Częstochowskiej przedstawiono w pracy dyplomowej [7].

Trasa (route) jest ciągiem charakterystycznych punktów w terenie (np. skrzyżowań). Trasę można przygotować:

- ręcznie przez wpisanie współrzędnych kolejnych punktów,
- przez zaznaczenie kolejnych punktów na skalibrowanej mapie w komputerze i skopiowanie trasy do odbiornika GPS.

W przypadku dostępności autoroutingu trasa może być przygotowywana automatycznie po podaniu punktów początkowego i końcowego. Autorouting może być dostępny w odbiorniku GPS, PDA lub w komputerze (wtedy trzeba skopiować trasę do odbiornika GPS).

8. Zakończenie

Odbiornik GPS może być przydatnym narzędziem w czasie poruszania się w terenie (samochodem, rowerem lub pieszo), co wykazano w pracy dyplomowej [7]. Przy wyborze odbiornika GPS dla zastosowania w geoturystyce należy uwzględnić między innymi:

- sposób użytkowania (turystyka piesza, rowerowa, samochodowa),
- możliwość odbioru sygnałów systemu EGNOS (zwiększa dokładność),
- czułość odbiornika GPS w przypadku używania w terenach zalesionych.

Dla wędrówek pieszych lub na rowerze istotne jest wykonanie środowiskowe (co najmniej IPX7 [6], oznacza to praktycznie, że odbiornik GPS można zanurzyć do wody), sposób zasilania (akumulator firmowy, akumulatory lub baterie powszechnego zastosowania) oraz pobór mocy przy załączonym odbiorniku GPS, co pozwala odpowiedzieć na pytanie, jak długo odbiornik będzie pracował w terenie. Dla zastosowania w samochodzie można zastosować PDA (np. z możliwością nawigacji głosowej), który może być zasilany napięciem 12 V z instalacji elektrycznej samochodu.

LITERATURA

1. Cooksey D.: Understanding the Global Positioning System (GPS). Department of Land Resources and Environmental Sciences Montana State University-Bozeman. <http://www.montana.edu/places/gps/understd.html>.
2. Kaniewski P.: System nawigacji satelitarnej GPS część 2. Elektronika Praktyczna 3/2006. s. 96 – 99.
3. Kaniewski P.: System nawigacji satelitarnej GPS część 3. Elektronika Praktyczna 4/2006. s. 96 – 100.
4. Narkiewicz J.: Globalny system pozycyjny GPS. Budowa, działanie, zastosowanie. WKŁ, Warszawa 2003
5. Narkiewicz J.: Podstawy układów nawigacyjnych. WKŁ, Warszawa 1999.
6. PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).
7. Sokołowski M.: Zastosowanie systemu GPS w geoturystyce na przykładzie Jury Krakowsko-Częstochowskiej. Praca dyplomowa magisterska (promotor K. Miśkiewicz) wykonana na Wydziale Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej. Gliwice 2005.
8. http://esamultimedia.esa.int/docs/egnos/estb/egnos_pro.htm
9. <http://esamultimedia.esa.int/docs/egnos/estb/sisnet/sisnet.htm>
10. http://www.codgik.waw.pl/uklady_wsp.html
11. http://www.syryjczyk.krakow.pl/Mapy_Polskie_GPS.htm