

# System nawigacji satelitarnej GPS, część 4

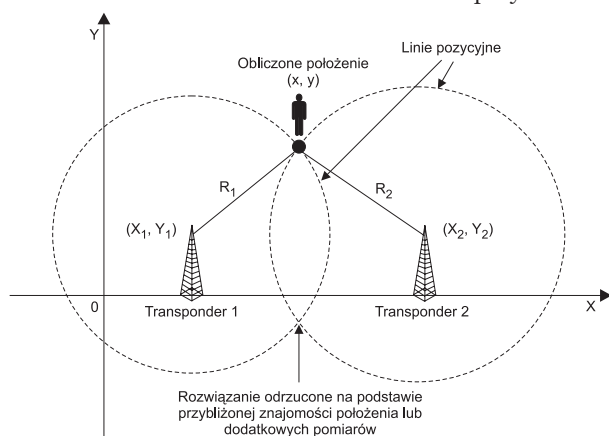
## Pozycja, prędkość i czas

W poprzednich częściach kursu opisaliśmy między innymi strukturę sygnałów nadawanych przez satelity systemu GPS. Celem tego artykułu jest przedstawienie sposobu wykorzystania tych sygnałów w odbiornikach GPS należących do segmentu użytkowników. Bez zagłębiania się w szczegóły techniczne dotyczące budowy odbiorników, w bieżącym artykule zostanie omówiona ogólna zasada wyznaczania położenia i prędkości użytkownika oraz określania czasu w systemie NAVSTAR GPS. Przedstawiona zostanie również zasada pozycjonowania w radiotechnicznych systemach nawigacyjnych, którą warto poznać, ponieważ GPS jest jednym z przedstawicieli tej właśnie grupy systemów.

### Radiotechniczne systemy nawigacyjne

Działanie systemów radiotechnicznych wymaga istnienia urządzenia odbiorczego lub nadawczo-odbiorczego użytkownika oraz urządzeń zewnętrznych służących do nadawania sygnałów (nadajników) lub odpowiadania na sygnały wysyłane przez urządzenie użytkownika (transponderów). Systemy radiotechniczne można podzielić na satelitarne, w których urządzenia zewnętrzne znajdują się na satelitach i systemy naziemne, w których urządzenia zewnętrzne (nadajniki lub transpondery) są umieszczone na powierzchni Ziemi. Do satelitarnych radiotechnicznych systemów nawigacyjnych można zaliczyć GPS, GLONASS oraz powstający właśnie system GALILEO.

Oprócz systemów satelitarnych istnieje też wiele praktycznie wykorzystywanych naziemnych radiotechnicznych systemów nawigacyjnych, takich jak na przykład LORAN, VOR, DME czy TACAN. Są one jednak stosowane niemal wyłącznie profesjonalnie w nawigacji morskiej, w lotnictwie cywilnym i wojskowym, itp. Praktyczne znaczenie w pozycjonowaniu i nawigacji znajdują obecnie również systemy radiotechniczne, które nie były projektowane z myślą o tego typu zastosowaniach. Wymienić tu można mobilne sieci radiokomunikacyjne (GSM, GPRS, EDGE, UMTS), sieci bezprzewodowe (WLAN, WPAN) oraz systemy telewizji cyfrowej (DTV). Techniki pozycjonowania w tych systemach mają na ogół charakter eksperymentalny, chociaż pozycjonowanie w sieciach telefonii komórkowej GSM jest już obecnie dość szeroko wykorzystywane. Na razie daleko mu jednak do dokładności oferowanej przez system GPS. Zaletą wymienionych systemów radiotechnicznych jest możliwość pozycjonowania wewnątrz budynków, gdzie, ze względu na brak widoczności satelitów, odbiorniki GPS na ogół nie mogą być stosowane.



Rys. 17. Zasada określania położenia w kołowym systemie radiotechnicznym



Działanie radiotechnicznych systemów nawigacyjnych opiera się na wykorzystaniu własności propagacji fal radiowych w przestrzeni. Nieco upraszczając można stwierdzić, że podstawowe wykorzystywane własności propagacji fal radiowych są następujące:

- prostoliniowość rozchodzenia się fal,
- stała prędkość propagacji, równa w przybliżeniu prędkości światła  $c \approx 3 \times 10^8$  m/s,
- występowanie efektu Dopplera, polegającego na pozornym zwiększaniu się częstotliwości sygnału odbieranego od źródła (nadajnika) przybliżającego się do odbiornika i zmniejszaniu się tej częstotliwości, gdy źródło sygnału się oddala.

To ostatnie zjawisko zostało już wyjaśnione w pierwszym artykule tego cyklu, podczas omawiania działania systemu TRANSIT. W GPS też się je wykorzystuje do dokładnego określania prędkości, jednak podstawowa zasada wyznaczania położenia użytkownika w systemie GPS jest inna i bazuje na dwóch pierwszych z wyżej wymienionych własności propagacji fal radiowych.

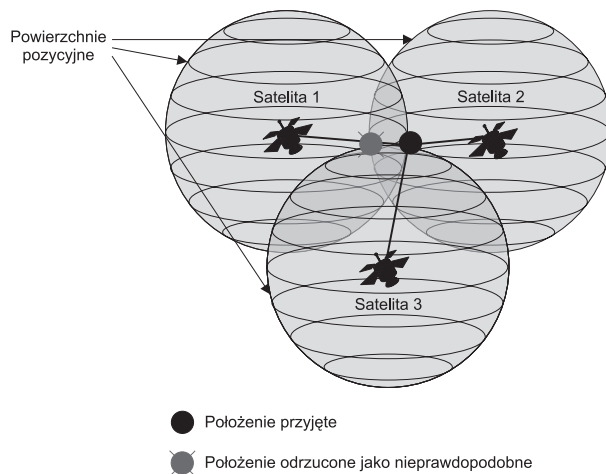
W systemach radiotechnicznych położenie użytkownika wyznacza się jako punkt przecięcia tzw. linii pozycyjnych (w przypadku położenia określanego w dwóch wymiarach) lub powierzchni pozycyjnych (w przypadku położenia określanego w trzech wymiarach). Linie pozycyjne lub powierzchnie pozycyjne charakteryzują się stałą wartością pewnego parametru nawigacyjnego, którym może być odległość od nadajnika, kierunek, z którego odbierany jest sygnał, a także różnica lub suma odległości od dwóch różnych nadajników. Prosty przykład wyjaśniający istotę pozycjonowania w systemie radiotechnicznym przedstawiono na rys. 17.

Parametrem nawigacyjnym w przedstawionym systemie jest odległość pomiędzy użytkownikiem, a transponderem. Linia, na której odległość ta jest stała (linia pozycyjna) ma kształt okręgu o środku w miejscu położenia transpondera. Ze względu na kształt linii pozycyjnych, system przedstawiony na rys. 12 jest nazywany systemem kołowym. W systemie tym użytkownik jest wyposażony w urządzenie nadawczo-odbiorcze, które umożliwia określenie odległości  $R_1$  i  $R_2$  do dwóch transponderów o znanym położeniu  $(X_1, Y_1)$  i  $(X_2, Y_2)$ . Odległości  $R_1$  i  $R_2$  są obliczane na podstawie pomiaru czasu upływającego od wysłania zapytania przez urządzenie użytkownika do otrzymania odpowiedzi z transpondera.

Dwuwymiarowe położenie użytkownika  $(x, y)$  jest określane w wyniku obliczenia współrzędnych miejsca przecięcia się dwóch linii pozycyjnych, tj. okręgów stanowiących linie stałej odległości od odpowiedniego transpondera. Z rys. 12 wynika, że

miar odległości do dwóch transponderów nie gwarantuje jednoznaczności obliczonego położenia. Zapewnienie jednoznaczności wymagałoby zastosowania trzeciego transpondera, dzięki któremu możliwe byłoby wykonanie dodatkowego pomiaru odległości i ustalenie, które z uzyskanych rozwiązań jest właściwe. Niekiedy jedno z rozwiązań można odrzucić bez potrzeby wykonywania dodatkowych pomiarów. Staje się to możliwe, gdy jest znane przybliżone położenie użytkownika, a jedno z uzyskanych rozwiązań znajduje się od niego na tyle daleko, że można je uznać za nieprawdopodobne.

W systemie NAVSTAR GPS położenie użytkownika jest na ogół określane w trzech wymiarach, na podstawie parametru nawigacyjnego, którym jest odległość od odbiornika do umieszczonego na satelicie nadajnika. Powierzchnie pozycyjne, na których odległość od satelity GPS jest stała mają kształt sfery. W odróżnieniu od omówionego wcześniej radiotechnicznego systemu kołowego, określanie położenia, prędkości i czasu w systemie GPS odbywa się w sposób pasywny. Urządzenie stosowane przez użytkownika jest odbiornikiem i samo nie wysyła żadnych sygnałów drogą radiową, natomiast odbiera sygnały nadawane z satelitów systemu GPS. Na podstawie odebranych sygnałów określana jest odległość od wszystkich śledzonych przez odbiornik satelitów oraz ich położenie.



Rys. 18. Zasada określania położenia w systemie GPS

Położenie użytkownika systemu GPS wyznacza się jako punkt przecięcia kilku sfer, których liczba odpowiada liczbie śledzonych przez odbiornik satelitów. Środek każdej sfery znajduje się w miejscu położenia danego satelity GPS, a promień sfery jest równy odległości użytkownik-satelita. W wyniku przecięcia dwóch sfer otrzymujemy okrąg, który przecina się z trzecią sferą w dwóch punktach. W systemie GPS możliwe jest zatem wystąpienie niejednoznaczności obliczonego położenia. Rozwiązanie niejednoznaczności nie stwarza jednak problemu, ponieważ oba punkty są zwykle bardzo odległe od siebie i jeden z nich może być od razu odrzucony jako mało prawdopodobny. Ponadto, niejednoznaczność położenia użytkownika może być też łatwo usunięta po wykonaniu dodatkowych pomiarów z udziałem kolejnych satelitów. Istotę metody pozycjonowania w systemie GPS wyjaśniono na rys. 18.

**Piotr Kaniewski**  
pkaniewski@wat.edu.pl

# WYKRYWACZE METALI



**Cena: 390 zł**

**CS150**  
Dyskryminator audio  
VU meter  
Wodoszczelna sonda (20 cm)



**Cena: 190 zł**

**CS10MD**  
Wykrywacz "ręczny"  
Idealny dla policjantów  
i ochroniarzy.



**Cena: 700 zł**

**CS200**  
Wyświetlacz LCD  
Wskaźnik głębokości  
Dyskryminator  
Wodoszczelna sonda (20 cm)

Zamówienia przyjmuje Dział Handlowy AVT  
01-939 Warszawa, ul. Burleska 9, tel. 022 568 99 50, fax 022 568 99 55, e-mail: handlowy@avt.pl, www.sklep.avt.pl