

W dziesiątym numerze EdW, w rubryce "Nowości, ciekawostki" został przedstawiony nowy sprzęt firmy Sony, między innymi urządzenia nawigacyjne, wykorzystujące system GPS. Temat ten wzbudził duże zainteresowanie. Poniższy artykuł przedstawia w przystępny sposób historię nawigacji satelitarnej i najważniejsze informacje o systemie NAVSTAR - GPS.



Zapoznaj się z GPS

Przed laty zdziwienie budziły informacje o amerykańskich rakietach Cruise, wyposażonych w nowoczesny system nawigacji i sterowania, które na podstawie zaprogramowanej w pamięci mapy mogły z wielką precyzją trafiać w dowolne cele na całym świecie. Niedowierzenie budziły doniesienia o kolejnych osiągnięciach związanych z tak zwanymi gwiazdnymi wojnami, czyli systemami obrony przed atakiem rakiet nuklearnych. Niedawne informacje o precyzyjnych, wręcz chirurgicznych operacjach militarnych podczas wojny w Zatoce Perskiej mogły wręcz przyprawić o zawrót głowy. Cała ta precyzja możliwa jest dzięki współczesnym systemom nawigacji, czyli systemom wyznaczania własnej pozycji i określania drogi do celu. Dowiedzieliśmy się, że współczesne urządzenia nawigacyjne mogą określać swą pozycję w przestrzeni (w trzech wymiarach) z dokładnością do kilku milimetrów.

Umożliwia to system satelitarny zwany NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing And Ranging). System ten nazywany jest w skrócie - GPS (dzi-pi-es) od nazwy Global Positioning System.

Aby w pełni docenić stopień trudności i zastosowane rozwiązania techniczne, przed zapoznaniem się z systemem GPS warto przypomnieć inne, wcześniejsze sposoby określania swojej pozycji.

Choć z czasem zmieniały się stosowane przyrządy, podstawowa idea była taka sama: własną pozycję można określić na podstawie jakichś stałych punktów w otoczeniu.

Na lądzie w zasadzie nie było większego problemu, ponieważ wystarczały terenowe punkty orientacyjne. Inaczej było na wodzie. W pobliżu brzegu można wykorzystać charakterystyczne punkty na lądzie (np. góry, budowle, czy zbudowane specjalnie w tym celu latarnie morskie). Jest to tak zwana nawigacja terestryczna (terra - ziemia). Każdy, kto interesuje się żeglarstwem, na pewno spotkał się z tym sposobem nawigacji. Podstawą jest tu pomiar pewnych kątów, a kompas też pokazuje pewien kąt odniesienia. Na mapie

zaznacza się linie łączące obserwatora ze stałymi punktami w otoczeniu. Prosty przykład podany jest na rysunku 1. Aby określić własną pozycję statku, należy zmierzyć pewne kąty. Szczegółowy opis nie jest tu konieczny, wystarczy zauważyć, iż wszystko opiera się na jak najdokładniejszym pomiarze pewnych kątów, trzeba mieć także mapę.

We wszystkich systemach nawigacyjnych oprócz posiadania mapy należy dokonać precyzyjnego pomiaru pewnych kątów, lub (i) czasu.

W pobliżu brzegu nawigacja jest względnie prosta. Gorzej na otwartym morzu. Od wieków żeglarze szu-

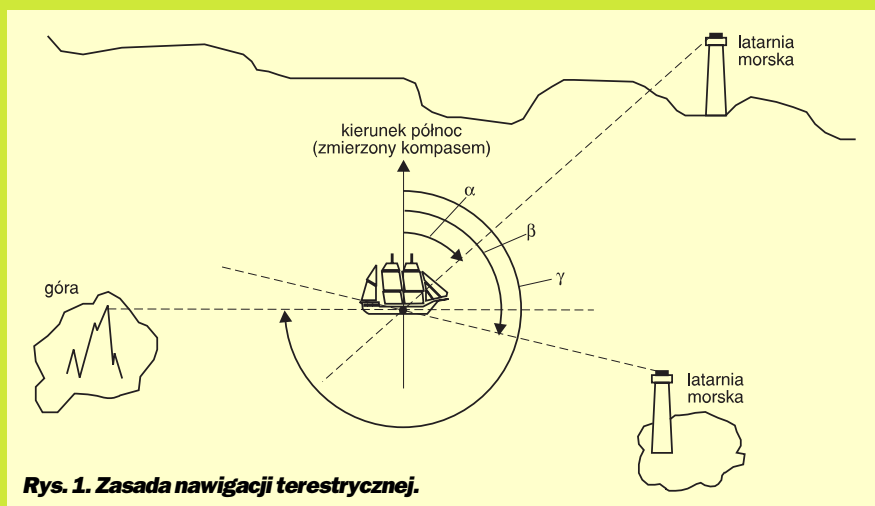
kali dobrego sposobu na określenie swego położenia na pełnym morzu.

Z dala od brzegu stosowano nawigację astronomiczną. Przez stulecia pozycję określano na podstawie gwiazd. Już proste przyrządy obserwacyjne wystarczą do określenia szerokości geograficznej, czyli odległości (kątowej) od równika. Natomiast ze względu na ruch obrotowy Ziemi, do określenia długości geograficznej niezbędny jest dodatkowo precyzyjny zegar.

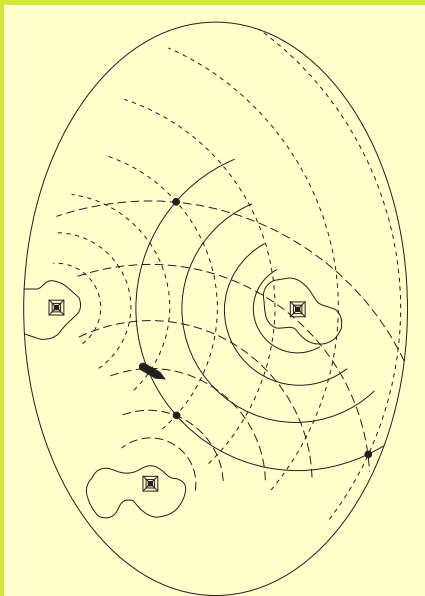
Pozycję statku można też określać innymi sposobami, między innymi zliczając przebytą w ciągu danego czasu drogę (przy stałej prędkości droga = prędkość x czas). W tej metodzie również trzeba mierzyć kierunek ruchu, czyli w sumie kąt oraz czas.

We wszystkich systemach nawigacyjnych oprócz posiadania mapy należy dokonać pomiaru pewnych kątów, lub (i) czasu. Dotyczy to także wprowadzonych z biegiem lat nowych sposobów nawigacji, opartych na wykorzystaniu fal radiowych.

Koniecznym jest tu wspomnieć o radarze. Za pomocą radaru można łatwo określić kąt, ale możliwe jest też określenie odległości. Odległość określa się przez pomiar czasu opóźnienia, z jakim



Rys. 1. Zasada nawigacji terestrycznej.

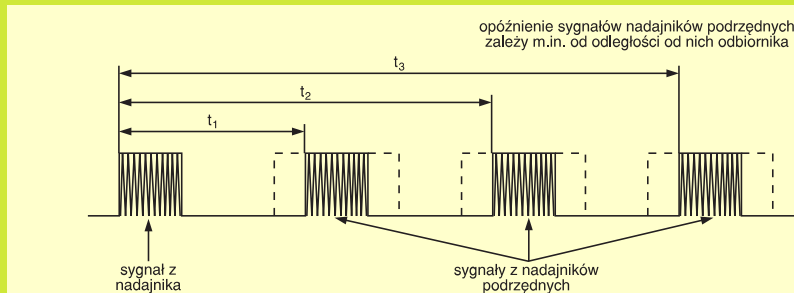


Rys. 2. Zasada pomiaru pozycji w systemie Decca.

sygnał odbity od obserwowanego obiektu powraca do anteny radaru. Prędkość fal radiowych jest równa prędkości światła, więc aby obliczyć odległość wystarczy dokładnie zmierzyć czas. Radar jest niezastąpiony na krótkich dystansach, ale nie pomaga określić pozycji na pełnym morzu.

Przed kilkudziesięciu laty opracowano systemy Decca i LORAN, również wykorzystujące fale radowe. W systemie Decca zastosowano sieć umieszczonych na stałe nadajników, z których każdy wysyła ciągłą falę radiową (CW) o innej, ale synchronizowanej częstotliwości. W odbiorniku bada się zależności fazowe między poszczególnymi parami odbieranych sygnałów. Na rysunku 2 w wielkim uproszczeniu pokazano zasadę określania pozycji. Przykładowo, w pewnym miejscu trzy odbierane sygnały mają tę samą fazę. Na specjalnej mapie, gdzie zaznaczono zależności fazowe dla danego regionu, należy odnaleźć punkty, gdzie ten warunek jest spełniony. Tu widać niedoskonałość systemu, ponieważ warunek ten spełniony jest nie w jednym, ale w wielu punktach. Dla dokładnego określenia pozycji trzeba więc znać przybliżone miejsce swego przebywania. Ponadto jest to system o krótkim zasięgu, stosowany w pobliżu brzegu.

Nieco inaczej funkcjonują urządzenia w systemie LORAN. Jeden z nadajników danej grupy (łańcucha) pełni funkcję nadrzędną. W pewnym momencie zaczyna on wysyłać sygnał. Sygnał ten odbierany jest przez pozostałe stacje łańcucha, oraz oczywiście przez użytkowników systemu. Pozostałe, podrzędne nadajniki, są uruchamiane przez ten sygnał, ale nie jednocześnie, tylko kolejno, każdy ze ściśle



Rys. 3. Uproszczona zasada systemu LORAN.

określonym opóźnieniem. W eterze pojawia się więc ciąg kilku następujących po sobie sygnałów. W zależności od położenia użytkownika, a ściślej mówiąc od jego odległości od poszczególnych nadajników, zmieniają się odstępy czasowe między odebranymi przez niego sygnałami. Na podstawie czasów opóźnienia tych sygnałów można obliczyć aktualne położenie. Na rysunku 3 zobrazowano w największym uproszczeniu zasadę działania tego systemu.

System LORAN (LOng Range Aid to Navigation) zgodnie ze swą nazwą, ma duży, panceoceniczny zasięg i może być wykorzystywany przez lotnictwo. Jednak zarówno Decca, jak i LORAN mają istotne wady, między innymi związane z zakłóceniami propagacji fal radiowych pod wpływem warunków meteorologicznych.

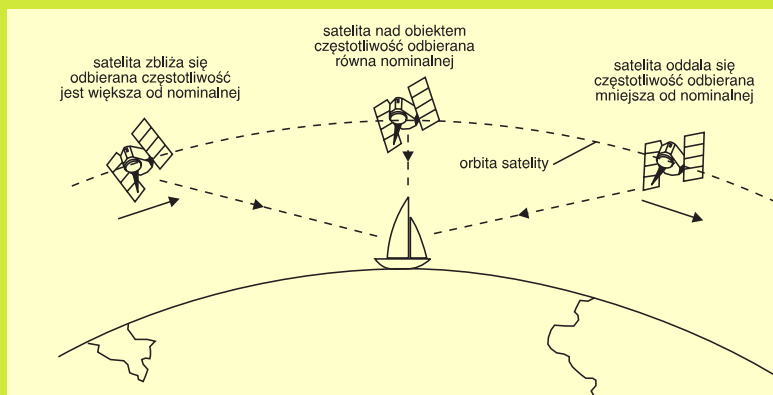
Kolejnym krokiem do usprawnienia nawigacji było uruchomienie przez Stany Zjednoczone na początku lat sześćdziesiątych kolejnego, tym razem już satelitarne, systemu NAVSAT, zwanego Transit. Kilka satelitów umieszczonych było na niskich orbitach. Przez cały czas nadawały one sygnały zawierające informację o bieżącym czasie oraz aktualnym położeniu satelity.

Zasadę działania systemu zilustrowano na rysunku 4. Polega ona na wykorzystaniu efektu Dopplera, czyli pozornych zmianach częstotliwości przy zbliżaniu się i oddalaniu nadajnika. Jeśli nadajnik i odbiornik przybliżają się do siebie, odbierana częstotliwość jest większa niż wtedy, gdy odbiornik i nadajnik pozostają

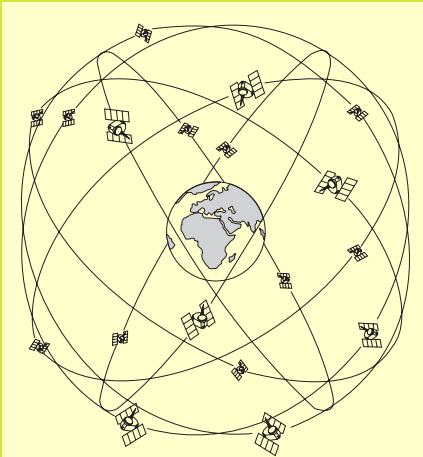
w stałej odległości. Natomiast przy oddalaniu, częstotliwość jest mniejsza. (Akustyczny efekt Dopplera można zaobserwować na przykład podczas przejazdu pociągu. Każdy może się przekonać, że gdy maszynista włączy sygnał dźwiękowy, częstotliwość tego sygnału jest zauważalnie inna podczas zbliżania się pociągu, a inna podczas oddalania.)

Dzięki znacznej prędkości satelitów, oraz ich umieszczeniu na możliwie niskich orbitach, zmiany odbieranej częstotliwości są znaczne. Przez dokładny pomiar zmian tej częstotliwości można określić, kiedy dany satelita znajduje się nad odbiornikiem. Ponieważ satelita ciągle podaje swą aktualną pozycję, umożliwia to określenie pozycji odbiornika. W rzeczywistości sprawa jest nieco bardziej złożona, bowiem satelita bardzo rzadko przebiega dokładnie nad odbiornikiem. Do precyzyjnego określenia pozycji trzeba więc namierzyć nie jeden, tylko minimum dwa satelity. Ponieważ w systemie pracuje tylko kilka satelitów, niekiedy trzeba czekać kilka godzin na dokładne określenie swej pozycji. W każdym razie system NAVSTAR, przeznaczony dla celów militarnych, nie dokonał przełomu w nawigacji. Stanowił raczej uzupełnienie wcześniejszych systemów i sposobów nawigacji. Ponadto przeciętny śmiertelnik nie mógł z niego skorzystać, choćby ze względu na złożoność aparatury odbiorczej i jej koszt.

Przełomem w nawigacji stało się dopiero wprowadzenie następnego systemu satelitarne NAVSTAR - GPS. Stany



Rys. 4. System NAVSAT.



Rys. 5. Satelity systemu NAVSTAR-GPS.

Zjednoczone wprowadziły go dla celów militarnych już w latach siedemdziesiątych, ale dopiero przed kilku laty możliwe okazało się jego cywilne wykorzystanie. Dziś w wielu krajach każdy może kupić za kilkaset dolarów niewielki odbiornik, na którego ekranie wyświetla się dokładną pozycję, podaną z dokładnością do kilku-nastu metrów.

Były Związek Radziecki również zbudował i wykorzystuje podobny system, ale nie jest on dostępny dla cywilów.

Co ciekawe, o ile wcześniej omówione systemy pozwalały określić pozycję w dwóch wymiarach, to znaczy długość i szerokość geograficzną, o tyle system GPS ma większe możliwości - określa pozycję w trzech wymiarach, czyli dodatkowo podaje wysokość nad poziomem morza. Ma to duże znaczenie nie tylko dla samolotów, rakiet czy sterowanych pocisków, ale także na przykład dla alpinistów czy nawet turystów.

Zasada działania systemu GPS

W odróżnieniu od poprzednika, systemu NAVSAT, satelity NAVSTARa są umieszczone na wysokich orbitach, ponad 20 tysięcy kilometrów nad Ziemią. Warto przypomnieć, że średnica Ziemi wynosi około 12 000 kilometrów - porównaj rysunek 5.

Właśnie takie umieszczenie nadajników umożliwia określenie pozycji w trzech wymiarach. Znajomość aktualnej pozycji jednego satelity i odległości do niego, można sobie wyobrazić w największym uproszczeniu, w postaci kuli. Środek tej kuli to miejsce, gdzie jest satelita, a jej promień to zmierzona odległość. Odbiornik i użytkownik na pewno znajdują się niejako na powierzchni takiej wyimaginowanej kuli. Jeśli znana jest pozycja i odległość od dwóch satelitów, można sobie wyobrazić dwie kule, mające



część wspólną, a użytkownik musi się znajdować niejako w miejscu przecięcia powierzchni owych kul. Tym miejscem przecięcia jest, jak łatwo sobie wyobrazić, pewien okrąg. Dodanie trzeciego satelity i trzeciej kuli wyznaczy na tym okręgu dwa punkty. W jednym z nich znajduje się odbiornik użytkownika systemu.

W rzeczywistości obliczenia są wykonywane na nieco innej zasadzie, należy bowiem uwzględnić ruch satelitów. Dlatego w różnych źródłach podaje się, że do dokładnego określenia pozycji w dwóch wymiarach (długość i szerokość geograficzna) trzeba wykorzystać sygnały z trzech satelitów, natomiast do określenia położenia w przestrzeni, czyli w trzech wymiarach, potrzebne są sygnały z czterech satelitów.

W systemie NAVSTAR - GPS pracuje 21 satelitów. Generalnie sposób określania pozycji jest tu połączeniem zasady pracy systemu LORAN, gdzie mierzy się opóźnienie sygnałów z poszczególnych nadajników, oraz systemu NAVSAT, gdzie wykorzystuje się efekt Dopplera.

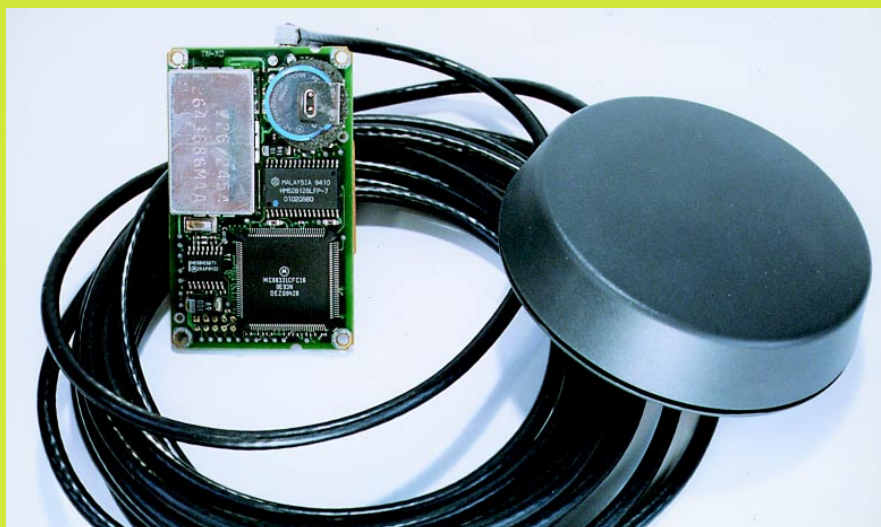
Dzięki zastosowaniu znacznej liczby satelitów i ich odpowiedniemu rozmieszczeniu nad Ziemią, praktycznie w każdym punkcie naszego globu jednocześnie można odebrać sygnały czterech satelitów. Jest to ogromna zaleta, ponieważ

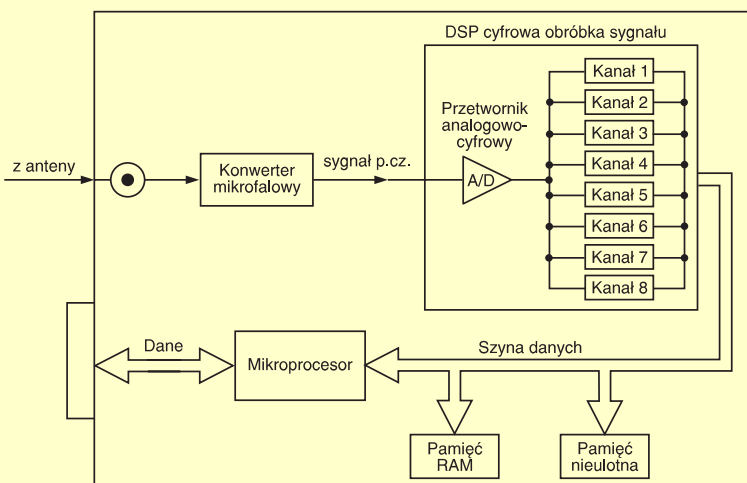
w odróżnieniu od starszego systemu NAVSAT, nie trzeba już czekać na pojawienie się satelity. Bieżącą pozycję można określać natychmiast.

Szczegółowe informacje techniczne dotyczące sygnałów GPS są na pewno ciekawe, ale skomplikowane i trudne. Warto jedynie wiedzieć, że nadajniki satelitów nadają sygnały w dwóch pasmach na częstotliwościach powyżej 1000MHz. Sygnały o tak wysokiej częstotliwości dobrze nadają się do systemu nawigacyjnego, choćby dlatego, że ich propagacja jest w dużym stopniu niezależna od warunków atmosferycznych. Ale jak widać, nie jest to zakres częstotliwości przyjaznych dla amatora.

Istotne jest, że nadajniki systemu przeznaczonego pierwotnie dla celów wojskowych mają stosunkowo dużą moc. Umożliwia to wykorzystanie bardzo małych anten. Na fotografii powyżej pokazano kompletny odbiornik GPS. Niestety, redakcja nie dysponuje fotografiami odbiorników, z jakich powszechnie korzystali żołnierze amerykańscy podczas wojny w Zatoce Perskiej. Można się domyślać, że są one jeszcze mniejsze.

Na szczęście nawet wykształcony elektronik wcale nie musi znać szczegółów technicznych systemu. Na pewno nie będzie sam budował odbiornika sygnałów





Rys. 6. Schemat blokowy odbiornika GPS Oncore.

GPS. Obecnie można kupić, także w naszym kraju, gotowe moduły zawierające odbiornik oraz blok obróbki sygnałów. Moduły takie, produkowane przez największe firmy, zawierają wszystkie niezbędne obwody wysokiej częstotliwości oraz specjalizowane układy cyfrowe analizujące odebrane sygnały. Użytkownik takiego odbiornika GPS otrzymuje informację w postaci cyfrowej, zawierającą dane o dokładnej pozycji i bieżącym czasie.

Przykładem jest tu odbiornik GPS serii Oncore, produkowanej przez koncern Motorola, pokazany na fotografii na poprzedniej stronie. Jak na możliwości, jego cena jest naprawdę umiarkowana - wynosi obecnie około 1200 zł plus VAT.

Moduł przeznaczony jest do zasilania napięciem 5V. Wyposażony jest w prosty interfejs szeregowy, dzięki czemu można go w bardzo prosty sposób podłączyć do dowolnego komputera, czy też systemu mikroprocesorowego.

Nabywcy modułu otrzymują prosty program komputerowy napisany w QBasicu, który na ekranie komputera podaje pozycję i aktualny czas. Ponieważ zasada komunikacji z modułem odbiornika jest bardzo prosta, nabywca modułu może napisać własny program lub zastosować mikroprocesor dodatkowo obrabiający i przedstawiający na wyświetlaczu uzyskane informacje. W literaturze amatorskiej pojawiły się już opisy wykorzystania tego modułu.

Nie ma natomiast żadnego sensu próba samodzielnego wykonania takiego odbiornika. Na rysunku 6 pokazano uproszczony schemat blokowy modułu. Oprócz stopni wysokiej częstotliwości, odbierających sygnał w pasmie 1,2 GHz, zawiera on mieszacz, na wyjściu którego uzyskuje się sygnał o dużo niższej częstotliwości. Sygnał ten (odpowiadający sygnałowo pośredniej częstotliwości w odbiornikach radiowych i telewizyjnych) jest przetwa-

rzany cyfrowo. Dla niektórych Czytelników może to być pewnym zaskoczeniem. Ale taka metoda, polegająca na zastosowaniu szybkiego przetwornika analogowo-cyfrowego i jeszcze szybszego procesora sygnałowego (tzw. DSP Digital Signal Processing) jest już od jakiegoś czasu stosowana w nowoczesnych odbiornikach, bowiem odpowiednia obróbka i korekcja pozwala w nieosiągalnym do tej pory stopniu wyeliminować błędy i wszechobecne szumy. Dzięki cyfrowej obróbce, można odzyskać kompletną informację z bardzo niewielkiego, zaszumionego sygnału. Przedstawiany odbiornik GPS poprawnie dekoduje sygnał nawet wtedy, gdy szumy są kilkukrotnie większe niż sygnał odbierany z satelity. Nie trzeba mówić, jakie to ma znaczenie dla użytkownika, który może użyć stosunkowo małej anteny.

Precyzja

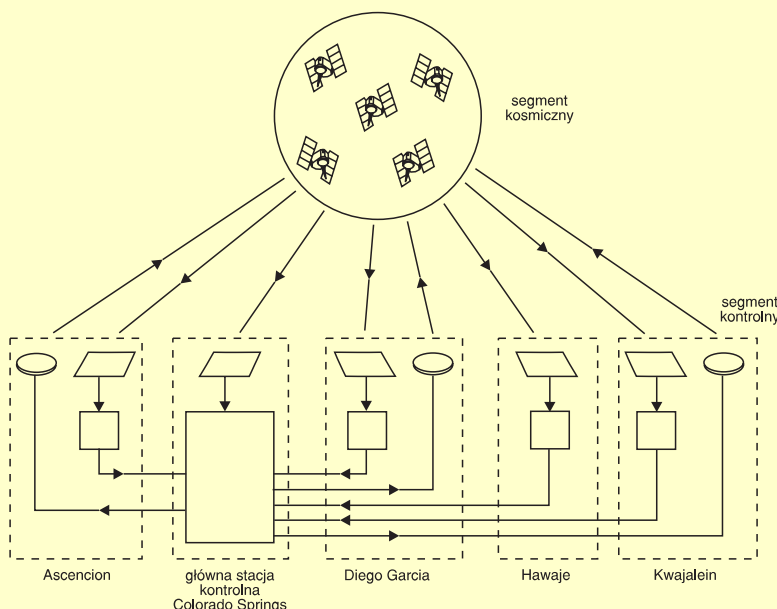
Aby docenić precyzję, a tym samym rozwiązania techniczne zastosowane w systemie NAVSTAR-GPS, należy wiedzieć, iż pozwala on określać pozycję z dokładnością do kilku milimetrów. Dla wyobrażenia skali trudności można przypomnieć, że światło poruszające się z maksymalną możliwą prędkością przebiega odległość jednego centymetra w czasie około 30ps, czyli trzydziestu bilionowych części sekundy.

Podana dokładność pozycjonowania, rzędu kilku milimetrów, wydaje się wręcz niemożliwa do osiągnięcia.

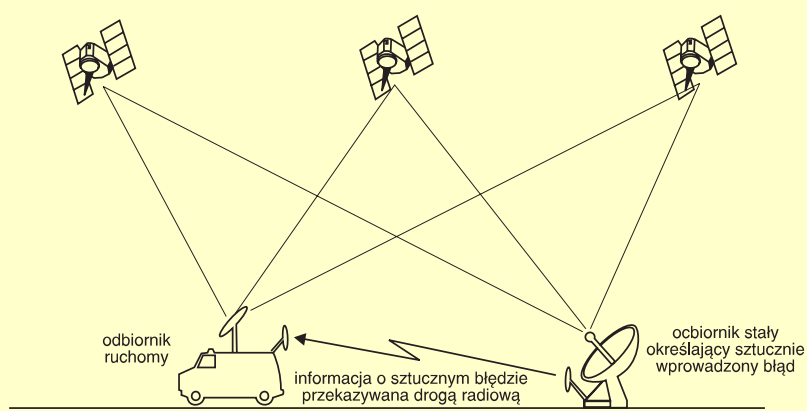
Dla uzyskania niezbędnej precyzji każdy satelita zwiera cesowy lub rubidowy zegar atomowy. Stabilność nadawanych częstotliwości jest więc niewyobrażalnie duża.

Należy jednak pamiętać, że wszystkie satelity mkną nieustannie z prędkościami rzędu kilometrów na sekundę. Czy przy takim ruchu z upływem czasu nie wkradną się jakieś błędy?

Rzeczywiście, uzyskanie podanej precyzji byłoby niemożliwe bez wsparcia z Ziemi. System NAVSTAR oprócz sieci satelitów, zawiera pięć stacji kontrolnych, umieszczonych w różnych punktach globu, śledzących w sposób ciągły położenie satelitów. Jedna z nich, znajdująca się w Colorado w USA, jest główną stacją kontrolną, koordynującą działanie całego systemu. Informacje o bieżącej pozycji i stanie satelitów są przetwarzane i trzy spośród pięciu naziemnych stacji kontrolnych nadają do satelitów bieżące informacje korekcyjne. Sygnały nadawane z satelitów zawierają więc oprócz informacji o bieżącym czasie, także te dane



Rys. 7. Przebieg informacji w systemie GPS.



Rys. 8. Idea odbioru różnicowego.

korekcyjne. Rysunek 7 pokazuje uproszczoną zasadę pracy systemu GPS. Na rysunku tym zaznaczono także, iż satelity nazywane są segmentem kosmicznym, a naziemna część monitorująco-transmisyjna - segmentem kontrolnym. Segmentem użytkownika nazywa się wszystkich odbiorców.

Jak podano wcześniej, system NAVSTAR-GPS umożliwia określenie pozycji z niewyobrażalną dokładnością rzędu kilku milimetrów. Taką dokładność umożliwiają specjalne wojskowe odbiorniki. Trzeba jednak pamiętać, że system stworzony dla celów wojskowych i Departament Obrony USA nie jest zainteresowany udostępnieniem tak wspaniałego i kosztownego systemu nawigacyjnego wszystkim zainteresowanym, w tym potencjalnym przeciwnikom politycznym i militarnym. Dlatego dane umożliwiające tak precyzyjne określenie pozycji są kodowane. W ten sposób bez specjalnego odbiornika i znajomości aktualnego szyfru (kodu) nie jest możliwe skorzystanie z systemu.

Przed kilku laty udostępniono jednak ogółowi użytkowników system GPS. Ale te ogólnodostępne informacje nie dają wspomnianej precyzji. Popularny odbiornik GPS, jaki można kupić w sklepie, pozwoli określić pozycję z dokładnością do około 100m. Co ważne, przyczyna braku dokładności nie tkwi w odbiorniku.

Do tej pory satelity GPS nadają dwa rodzaje informacji: jedną precyzyjną, kodowaną, przeznaczoną dla celów wojskowych i drugą ogólnodostępną, mniej dokładną. W opisie systemu mówi się o kodzie P. Literkę P tłumaczy się jako Protected - zabezpieczony lub Precise - precyzyjny. Jest to właśnie zaszyfrowana informacja dla wybrańców znających tajny kod. Drugi kod określany jest jako C/A - to informacja przeznaczona dla ogółu śmiertelników. Co ciekawe, kod C/A jest celowo zniekształcony! Tak, Pentagon celowo wprowadza pewien błąd w wysłanych danych. Nie znaczy to, że informacja

jest niekompletna, czegoś brakuje, lub dane nie dają się czytać. Wszystko wygląda bez zarzutu, tylko obliczona przez odbiornik pozycja różni się od rzeczywistej o kilka dziesiąt metrów. Nie jest to stały błąd: raz będzie to odchyłka na południe, innym razem na północ. Tylko technicy z Pentagonu wiedzą, jaki błąd jest aktualnie wprowadzany w kodzie A/C.

Tu można przypomnieć o mapach i planach miast wydawanych w byłym Związku Radzieckim, które były celowo zniekształcane. Coś podobnego mamy teraz w systemie GPS, choć skala zniekształceń jest nieporównanie mniejsza. W sumie dokładność $\pm 100m$ jest w wielu zastosowaniach bardzo dobra.

Na marginesie wypada wspomnieć, że system GPS udostępniono ogółowi z dobrej woli. Można jednak wyobrazić sobie sytuację, gdy władze USA zakodują także informacje w ogólnodostępnym kanale C/A i na przykład zażądają opłat licencyjnych za udostępnienie kodu-kłucza, lub zupełnie uniemożliwią ogółowi korzystanie z systemu.

Na razie nic na to nie wskazuje. Przed rokiem prezydent Clinton zapowiadał, że w związku ze zmniejszeniem ryzyka wojny, wprowadzany błąd będzie mniejszy i uzyskana dokładność będzie rzędu kilku metrów. Według posiadanych danych, zmian takich do tej pory nie wprowadzono i dokładność pojedynczego odbiornika, korzystającego z kodu C/A nadal wynosi kilkadziesiąt metrów.

Metoda różnicowa

Uważny czytelnik na pewno zauważył, że wprowadzany w kodzie C/A celowy błąd można w dość prosty sposób wyeliminować.

Rysunek 8 pokazuje ideę odbioru metodą różnicową. Nieruchomy odbiornik pozostaje ciągle w miejscu o ściśle określonej pozycji. W czasie swej pracy odbiera on zniekształcone informacje o swoim położeniu. Wystarczy obliczyć różnicę między znaną, rzeczywistą pozycją,

a pozycją podaną przez odbiornik. To właśnie jest ów celowo wprowadzany błąd. Informację o aktualnym błędzie można przesłać do odbiorników ruchomych, uwzględnić ją i obliczyć pozycję z dokładnością do kilku metrów.

Metoda różnicowa jest dość szeroko wykorzystywana. Niestety metoda ta jest skuteczna tylko w odległości kilkudziesięciu, najwyżej kilkuset kilometrów od stałego odbiornika, ponieważ wprowadzany błąd nie jest jednakowy dla całej kuli ziemskiej.

Zastosowania

Artykuł zaczął się od przypomnienia wiadomości o nawigacji morskiej. System GPS jest obecnie powszechnie wykorzystywany na wszelkich jednostkach pływających, w tym nawet na małych jachtach.

W jednym z wcześniejszych numerów EdW opisano samochodowy system nawigacyjny firmy Sony. Jest to najbardziej obiecujący rynek dla urządzeń GPS. Nie tylko chodzi o pomoc w prowadzeniu pojazdu i informacje o restauracjach, hotelach i stacjach benzynowych.

System GPS zaczęto wykorzystywać do zabezpieczenia najdroższych samochodów przed kradzieżą. Ukryty odbiornik GPS współpracuje z systemem alarmowym samochodu. Aktualna pozycja samochodu jest przekazywana za pomocą fal radiowych. Właściciel samochodu lub policja, mając odbiornik sygnału alarmowego, mogą na bieżąco śledzić trasę skradzionego auta. System taki pomógł odzyskać wiele samochodów w Europie i USA.

Podobną metodę stosują też duże firmy transportowe. Wszystkie ciężarówki danej firmy wyposażone są zarówno w odbiorniki GPS, jak i w nadajniki własnej informacji. Nadajniki te zwykle pracują podobnie jak telefony satelitarne. Dyspozytor otrzymuje więc na bieżąco informacje o położeniu wszystkich swoich ciężarówek, nawet gdy przebywają one daleko, w innych krajach. Pozwala to nie tylko kontrolować ruch ciężarówek, zwiększa także bezpieczeństwo oraz pozwala lepiej wykorzystać możliwości przewozowe.

Odbiorniki GPS wykorzystują także leśnicy, geodeci, zespoły ratownictwa morskiego, górskiego itp.

Ostatnio dostępne są także małe i lekkie odbiorniki przeznaczone dla alpinistów i turystów.

Dla przeciętnego polskiego hobbysty moduł odbiornika GPS jest nadal bardzo drogim urządzeniem. Ale kwota rzędu 1000zł dla wielu firm nie jest znaczącym wydatkiem. Należy się jednak spodziewać, że ceny odbiorników nadal będą spadać i zakres użytkowników będzie stale rósł.

(red)