

Wielotorowość sygnału GPS w pomiarach satelitarnych

LECH WERESZCZYŃSKI

Wieloletnie doświadczenia w opracowywaniu obserwacji GPS oraz wykorzystywanie różnych zaawansowanych technik satelitarnych postawiło przed nami pewne problemy, których wyjaśnienia szukaliśmy w literaturze technicznej polskiej i zagranicznej. Materiał obserwacyjny, jaki zgromadziliśmy w ciągu wielu lat naszej działalności w zakresie precyzyjnych pomiarów i opracowań obserwacji GPS w kraju i za granicą, pozwalał na wykonywanie testów i badań mających na celu wyjaśnienie nurtujących nas problemów technicznych.

Jednym z nich były spostrzeżenia dotyczące zmienności przyrostów wektorów satelitarnych dla punktów stacjonowanych przez odbiorniki satelitarne, nad którymi nie występowało pełne odkrycie horyzontu. Przetwarzanie wektorów satelitarnych dla punktów stacjonowanych wielokrotnie ujawniło w niektórych przypadkach zmiany przyrostów współrzędnych na tych samych bazach sięgające 0,05 m. Innym problemem pojawiającym się podczas przetwarzania takich wektorów była całkowita nieprzydatność rozwiązań wektorów satelitarnych, pomimo rozwiązań niejednoznaczności (ambiguities). Przypadek ten pojawiał się jednak bardzo rzadko.

Podstawowym źródłem występowania trudności w przetwarzaniu wektorów satelitarnych jest wielotorowość (multipath) sygnału GPS. Szczególne znaczenie ma

wpływ tego błędu na określenie wysokości punktu, jednakże również współrzędne B i L nie są od niego wolne.

Sygnał satelitarny (fala nośna GPS) może być odbierany przez antenę jako kombinacja sygnałów bezpośredniego, odbitego i ugiętego. Z praktyki pomiarów GPS można wskazać typowe sytuacje, w których powstaje wielotorowość sygnału. Są to przypadki ustawiania anteny satelitarnej pod betonowym sygnałem rozpoznawczym na punktach I klasy czy też przypadki złej lokalizacji punktów geodezyjnych otoczonych przez struktury utrudniające propagację fali. Jakkolwiek sygnały GPS mają wspólny czas emisji z satelity, nadchodzą one z przesunięciem kodów modulujących i fazy fali nośnej stosownie do ugięć lub odbić występujących na dro-

dze sygnału GPS. Sygnały wielotorowe są zwykle opóźnione proporcjonalnie do zwiększonej długości toru sygnału odbitego. Sygnał docierający do anteny, będący kombinacją sygnału bezpośredniego i sygnałów odbitych, jest ostatecznie przetwarzany przez odbiornik. Ze względu na to, iż konstelacja satelitów jest powtarzalna każdego dnia z niewielkim i znanym przesunięciem w czasie, można dla danego punktu badać wpływy efektu wielotorowości sygnału z powtarzalności i warunków występowania tego efektu.

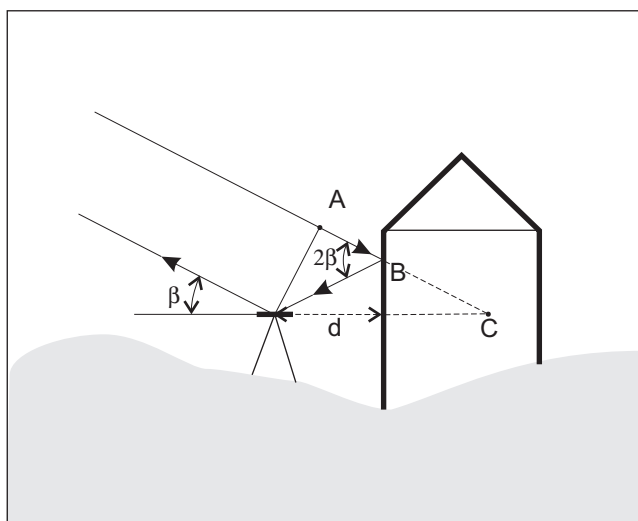
Intensywność wpływu sygnałów odbitych i ugiętych na obserwacje pseudoodległości oraz fazę fali nośnej zależy od wielu czynników. Wśród nich najistotniejsze to moc i opóźnienie sygnału odbitego w porównaniu z sygnałem bezpośrednim, charakterystyki tłumienia sygnału przez antenę, jak też „subtelność”

technik pomiaru i przetwarzania obserwacji GPS zastosowane w odbiorniku. Również obiekt odbijający falę nośną nakłada swój istotny wpływ na efekt wielotorowości.

Sygnał odbity jest słabszy od sygnału bezpośredniego zależnie od współczynnika tłumienia sygnału przez obiekt odbijający. Tłumienie to jest zależne od materiału, z którego zbudowany jest obiekt odbijający, kąta, pod jakim nadchodzi sygnał, oraz polaryzacji sygnału. Sygnały odbite nadchodzące przy kątach bliskich horyzontowi wykazują bardzo małe tłumienie. To wyja-

śnia, dlaczego sygnał odbity wysyłany przez satelitę na niskiej wysokości nie wykazuje dużej różnicy mocy w stosunku do sygnału bezpośredniego.

Następnym istotnym czynnikiem wykazującym zmienność w przypadku wystąpienia wielotorowości jest polaryzacja sygnału. Powierzchnie, które mają dobre właściwości odbicia sygnału, zmieniają polaryzację sygnału z prawoskrętnej na lewoskrętnej. Anteny GPS zaprojektowane do odbioru sygnałów spolaryzowanych prawoskrętnie dyskryminują sygnały spolaryzowane lewoskrętnie. Tak więc efektu wielotorowości unika się za pomocą odpowiedniej konstrukcji anteny satelitarnej. Ponieważ większość sygna-



Rys. Typowa sytuacja, w której odbiornik przetwarza kombinację sygnału bezpośredniego i odbitego.

łów odbitych nadchodzi do anteny pod małymi kątami poziomymi, konstrukcje anteny projektowane są w taki sposób, by wykazywała ona w tych przypadkach słabą czułość. Takie anteny są zwykle stosowane do odbiorników naziemnych, lecz nie mogą być stosowane np. w samolotach (fotogrametria).

Odpowiedni kształt anten – kolisty lub trójkątny – wraz z odpowiednimi pierścieniami dławiącymi przeciwdziała efektowi wielotorowości.

Pomimo stosowania różnych technik eliminujących wpływ sygnałów odbitych i ugiętych nie udawało się dotychczas w sposób zadowalający unikać tego negatywnego wpływu. Rysunek na poprzedniej stronie ilustruje typową sytuację, w której odbiornik przetwarza kombinację sygnału bezpośredniego i odbitego.

Na podstawie rozważań teoretycznych (których przytaczanie w tym tekście nie ma sensu) można powiedzieć, iż maksymalny błąd fazy fali nośnej spowodowany wielotorowością jest funkcją osłabienia mocy w stosunku do sygnału bezpośredniego. Maksymalny błąd powstaje wtedy, gdy obiekt odbijający wykazuje małe właściwości tłumienia sygnału. Ten maksymalny błąd fazy odpowiada 1/4 długości fali nośnej. Możemy wyliczyć maksymalne wpływy tego błędu:

częstotliwość L1 – 1575,42 MHz – maks. błąd 0,047 m;
 częstotliwość L2 – 1227,60 MHz – maks. błąd 0,061 m.

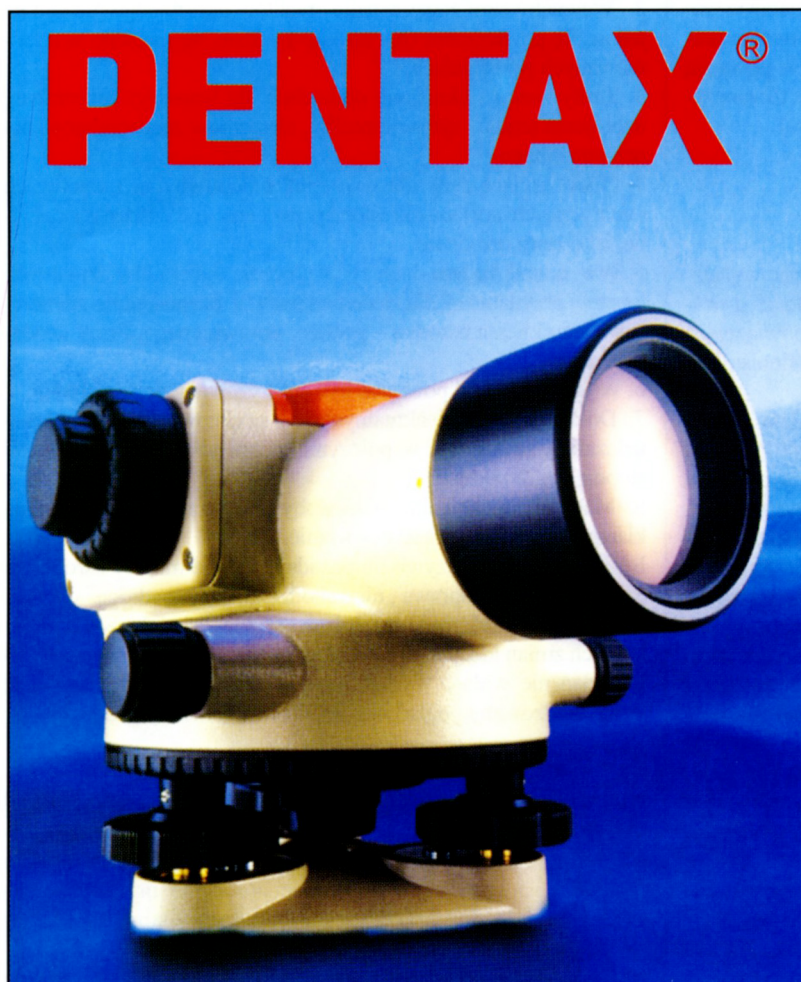
Z analizy częstotliwości fali bezpośredniej i fali nośnej wynika się wniosek, iż częstotliwość sygnału odbitego jest wprost proporcjonalna do odległości anteny „d” od struktury odbijającej, a odwrotnie proporcjonalna do długości fali nośnej i jest funkcją wysokości satelity nad horyzontem. Ponieważ satelita stale porusza się nad horyzontem zmieniając swoją wysokość, częstotliwość fali odbitej jest funkcją czasu.

W najbliższym czasie spodziewana jest zmiana w konstrukcji odbiorników GPS w celu lepszego wykorzystania sygnałów bezpośrednich i odbitych do określania pozycji. Służą temu nowoczesne metody modelowania matematycznego sygnału bezpośredniego i odbitego oraz efektów złożenia fali bezpośredniej i odbitej oraz takiego przetwarzania sygnału GPS w odbiorniku, aby uchwycić wpływ błędu wielotorowości. Ostatnie osiągnięcia w eliminacji wpływu wielotorowości sygnału GPS pozwalają na co najmniej dziesięciokrotne jego zmniejszenie.

Autor jest współwłaścicielem warszawskiej firmy VIELETO Sp. z o.o., zajmującej się pomiarami GPS i numerycznym opracowaniem geodezyjnych osnów poziomych.

Literatura:

Deconvolution method for reducing multipath GPS errors, „Jet Propulsion Laboratory”, December 1996.



Autofocus narodziny jakości

**Pierwszy
samoogniskujący
niwelator na świecie**

Przyjdź i zobacz

**Ceny tak niskie,
że nie warto ich drukować**



EOPRYZMAT

Geodezja to nasza pasja

05-090 Raszyn, ul. Mieszka I 49,
 tel./fax (0 22) 720-28-44,
 tel. 0 90 29-78-34