

# ZAKŁADAMY STAC

Stacja referencyjna GNSS jest to, mówiąc ogólnie, pracujący bez przerwy odbiornik satelitarny, którego antena umieszczona jest na punkcie o precyzyjnie wyznaczonych współrzędnych, wraz z komputerem i odpowiednim oprogramowaniem. Ma ona w czasie rzeczywistym dostarczać użytkownikom korekcji różnicowych DGPS/RTK zwiększających dokładność pozycjonowania z kilku metrów do metra (DGPS), a nawet centymetra (RTK).

STANISŁAW OSZCZAK,  
ADAM CIEĆKO,  
BARTŁOMIEJ OSZCZAK

Podstawowym zadaniem stacji referencyjnej jest rejestracja danych obserwacyjnych, ich archiwizowanie, dystrybucja i udostępnianie użytkownikom. Oczywiście wiąże się to z koniecznością wykorzystania łączności bezprzewodowej: poprzez radiomodem, stację FM/RDS, łącze GSM czy bardzo ostatnio popularne GSM/GPRS. Nowoczesna stacja referencyjna nie może się także obejść bez szybkiego i – co ważne – niezawodnego łącza internetowego.

Idea tworzenia permanentnych stacji i sieci GPS (np. w rejonach o dużej aktywności sejsmicznej) powstała w pierwszej połowie, a jej praktyczna realizacja zaczęła się w drugiej połowie lat 90. XX wieku. Co prawda pierwsze polskie stacje powstały już w roku 1994, ale do dzisiaj służą one głównie celom naukowym i badawczym. Zmienić tę sytuację ma już niebawem (do końca 2007) będący aktualnie w fazie realizacji projekt ASG/EUPOS, zakładający powstanie kilkadziesiątu nowych stacji, które wraz z już istniejącymi utworzą sieć 86 wielofunkcyjnych aktywnych stacji [ASG/EUPOS patrz s. 4 – red].

## ● PROJEKT STACJI REFERENCYJNEJ

Stacja permanentna prowadząca obserwacje GPS, GLONASS (a w przyszłości także Galileo) powinna być uruchamiana z myślą o szerokim gronie potencjalnych odbiorców zarówno obecnych, jak i przyszłych. Z uwagi na bardzo szybki postęp techniczny, projekt stacji referencyjnej powinien z góry zakładać możliwości jej unowocześniania (*upgradingu*) i rozbudowy. Przed podjęciem decyzji o założeniu permanentnej stacji referencyjnej GNSS należy wykonać wywiad terenowy podsumowany raportem jednoznacznie stwierdzającym, czy wybrana lokalizacja spełnia wszystkie warunki niezbędne do

założenia i prawidłowego funkcjonowania stacji. Warunkiem potencjalnej lokalizacji anteny stacji referencyjnej GNSS wynikającym z zasady działania systemów satelitarnych jest brak zasłon terenowych powyżej 5 stopni od płaszczyzny horyzontu. Konieczne jest również wykonanie obserwacji wysokiej klasy odbiornikiem GPS w celu wykazania braku ewentualnych zakłóceń w odbiorze sygnału od satelitów systemu GPS/GLONASS (fot. 1).

Istotny jest także warunek, aby pomieszczenie, w którym będą znajdowały się komponenty stacji referencyjnej, znajdowało się w możliwie bliskim sąsiedztwie anteny GNSS. Długość kabla łączącego antenę umieszczoną na dachu z odbiornikiem znajdującym się w pomieszczeniu budynku nie powinna przekraczać 30 m. Bardzo ważne jest, aby w tym pomieszczeniu był dostęp do szybkiego i niezawodnego internetu z niezmiennym adresem IP. Łącze internetowe jest niezbędne w celu dystrybucji korekt różnicowych DGPS/RTK oraz przesyłania surowych danych obserwacyjnych. Ponadto stabilne łącze internetowe oraz odpowiednio skonfigurowane urządzenia stacji pozwalają z powodzeniem zdalnie zmieniać parametry stacji, zarządzać jej pracą oraz monitorować ją z dowolnego miejsca i komputera posiadającego połączenie z internetem, ograniczając wizyty na stacji do koniecznych konserwacji technicznej urządzeń.

## ● WYPOSAŻENIE STACJI REFERENCYJNYCH GPS

Nowoczesna stacja referencyjna GNSS powinna przede wszystkim dostarczać użytkownikom wiarygodnych, aktualnych i ciągłych danych obserwacyjnych oraz korekcji różnicowych. Każda z zakładanych stacji powinna być wyposażona w następujące podstawowe urządzenia i oprogramowanie (fot. 2):

- Dwuczęstotliwościowy odbiornik GPS (ewentualnie GSP/EGNOS/GLO-NASS) umożliwiający prowadzenie obserwacji pełnej fazy w warunkach włączonego AS, jak również równoległej



FOT. RADOSŁAW BARTYA

1. Wykonanie obserwacji w miejscu projektowanej lokalizacji anteny stacji referencyjnej w Giżycku, jednocześnie badanie zakłóceń sygnału GPS w pobliżu zestawu BTS systemu GSM

dystrybucji danych obserwacyjnych i korekcji DGPS i RTK w międzynarodowym formacie RTCM w trybie czasu rzeczywistego. Na potrzeby precyzyjnych pomiarów geodezyjnych odbiornik dodatkowo powinien mieć możliwość korzystania z zewnętrznego wzorca częstotliwości.

- Antenę geodezyjną, najlepiej typu Choke-Ring o stabilności <math><1\text{ mm}</math>, zamontowaną na dachu budynku na specjalnych filarach lub konstrukcjach wykonanych ze stali nierdzewnej (fot. 3) koniecznie wyposażoną w instalację odgromową.

- System gromadzenia danych dla minimum kilkutygodniowych obserwacji z czasem próbkowania sygnału co 1 s, tj. komputer/serwer lokalny z dyskami o pojemności minimum 100GB.

- System zasilania awaryjnego UPS.

- Niezawodne łącza teletransmisyjne do cyfrowego przesyłania danych (prędkość min. 9600 baud/s, maks. 1-sekundowe opóźnienie), przy czym wskazane jest posiadanie przynajmniej dwóch niezależnych systemów łączności (różni operatorzy lub techniki).

- Oprogramowanie umożliwiające tworzenie zbiorów danych w formacie RINEX oraz automatyczne przesyłanie danych obserwacyjnych do centrum gromadzenia danych.

- Media udostępniania obserwacji w czasie rzeczywistym (wydzielone linie

# JĘ REFERENCYJNĄ

modemów telefonii kablowej, komórkowej GSM/GPRS lub radiomodemy).

Dla stacji spełniających funkcje badawcze i naukowe elementami wyposażenia będą dodatkowo:

- Automatyczna stacja meteorologiczna pozwalająca na rejestrację ciśnienia z dokładnością 1 hPa i temperatury z dokładnością 0,1°C.

- Wzorzec częstotliwości – rubidowy, cezowy lub wodorowy.

## ● STACJA REFERENCYJNA W GIŻYCKU

Konfigurację, uruchomienie, testowanie i monitorowanie pracy wielofunkcyjnej permanentnej stacji referencyjnej GPS przedstawiamy poniżej na przykładzie Giżycka, gdzie taka stacja powstała w roku 2004. W pomieszczeniu stacji znajduje się lokalny komputer do archiwizacji surowych danych obserwacyjnych, zarządzania, konfiguracji stacji referencyjnej GPS oraz monitorowania stanu jej pracy lub awarii. Jednostka komputera stacji referencyjnej GPS oraz odbiornik GPS (Thales iCGRS) podłączone zostały do zasilacza UPS o mocy 450 W, przy czym urządzenia zostały skonfigurowane tak, aby w razie braku i późniejszego odzyskania zasilania (po dowolnym czasie) potrafiły odnowić stan pracy w sposób automatyczny. Na podstawie naszych doświadczeń warto podkreślić, że podłączenie odbiornika GPS do zasilacza UPS jest niezbędne także w celu ochrony przed przepięciami. Silne przepięcie zasilania podczas burzy zniszczyło kiedyś zasilacz UPS, nie naruszając przy tym wartościowego odbiornika GPS i komputera. Krótko mówiąc – zasilacz UPS się sprawdził!

## ● TWORZENIE ZDALNEGO DOSTĘPU DO STACJI REFERENCYJNEJ

W pierwszej kolejności konfigurujemy – przynajmniej dwiema niezależnymi metodami – zdalny dostęp przez internet do stacji referencyjnej GPS: do jej komputera oraz bezpośrednio do odbiornika GPS stacji. Za pomocą takiego rozwiązania możemy zarządzać skutecznie stacją referencyjną GPS i monitorować jej pracę, nawet w przypadku, gdy jeden z portów RS-232 lub RJ-45 „zawiesi się” lub gdy nastąpi awaria części wyposażenia, na przykład komputera stacji. Używamy bezpośredniego dostępu do odbiornika GPS przez



2. Stacja referencyjna w PODGiK w Giżycku

FOT. BARTOMIEJ OSZCZAK, WWW.KGSiN.PL

internet za pomocą gniazda RJ-45 (niezależnie od komputera stacji referencyjnej GPS) oraz pośrednio przez oprogramowanie i port RS-232 pomiędzy komputerem a odbiornikiem GPS. Dostęp bezpośredni umożliwia generowana przez odbiornik GPS strona internetowa stacji referencyjnej GPS. Z kolei dostęp pośredni gwarantuje program komputerowy VNC, zainstalowany w wersji „serwer” na komputerze oraz oprogramowanie MicroManager.



3. Montaż anteny GPS przy użyciu uniwersalnego statywu

FOT. RADOSŁAW BARYLA, WWW.KGSiN.PL

Warto wspomnieć o możliwości efektywnego zastosowania zmiennego adresu IP za pomocą usługi DynamicDNS – do wywołania stacji referencyjnej GPS z innej lokalizacji, a także o wygodzie wynikającej z braku konieczności posiadania lub pamiętania adresu stacji – po wcześniejszym przypisaniu stałego adresu IP do nazwy domeny (w naszym przypadku jest to [gizycko.dgps.pl](http://gizycko.dgps.pl)). Możliwe jest także alternatywne zastosowanie połączenia modemowego do stacji referencyjnej GPS lub modemu GPRS z funkcją odnawiania połączenia – w przypadku braku internetu.

## ● KONFIGURACJA STACJI REFERENCYJNYCH GPS

W celu nawiązania komunikacji z odbiornikiem GPS w pierwszej kolejności należy skonfigurować adres IP odbiornika za pomocą programu zarządzającego MicroManager. Należy również sprawdzić komendami programu, czy odbiornik GPS został wyposażony we wszystkie opcje zamawiane podczas jego zakupu – na przykład, czy aktywna jest opcja DGPS lub RTK (symbole B i K powinny być widoczne). Wskazany jest *upgrade firmware* do wersji najnowszej (fot. 4) udostępnionej przez producenta oprogramowania odbiornika GPS.

Wyznaczone wcześniej współrzędne stacji referencyjnej GPS w układzie WGS-84 wpisujemy bezpośrednio w programie MicroManager lub też przez stronę [www.odbiornika.gps](http://www.odbiornika.gps). Na tym etapie powinniśmy zdecydować, w jaki sposób będą przechowywane surowe dane obserwacyjne stacji referencyjnej GPS (mogą być rejestrowane na lokalnym komputerze stacji lub zdalnie – za pomocą usługi FTP). W naszym przypadku dokonujemy rejestracji na lokalnym komputerze i równocześnie zdalnie wykonywana jest automatyczna kopia zapasowa danych zapisywana na komputerze zlokalizowanym w innym mieście (serwer KGSiN w Olsztynie). W przypadku awarii jednego z komputerów dane będziemy mogli odzyskać, korzystając z kopii zapasowej.

W opisywanym przypadku odbiornik GPS stacji referencyjnej wysyła w ustalonych odstępach czasu surowe dane obserwacyjne bezpośrednio na serwer zdalny FTP komputera z zainstalowanym systemem operacyjnym Linux. Następnie dane z serwera FTP są automatycznie kopiowa-



4. Proces zdalnej aktualizacji firmware odbiornika GPS przez stronę www generowaną w odbiorniku GPS

ne na komputer lokalny stacji. Na serwerze Linuksa znajduje się dodatkowo autorski skrypt mający za zadanie sprawdzanie, czy dane dotarły na komputer lokalny wszystkich stacji referencyjnych GPS pracujących w sieci (MODGiK w Olsztynie, PODGiK w Giżycku i UWM Olszynie w Kortowie). W razie potrzeby program wykonuje samodzielnie synchronizację plików. Stacja referencyjna GPS umożliwia przesyłanie korekt różnicowych i surowych danych obserwacyjnych do wielu użytkowników (DGPS/RTK do maks. 65 tys.) w czasie rzeczywistym (fot. 5) protokołem UDP lub TCP.

W przypadku sieci północnej Polski praca poszczególnych stacji referencyjnych jest na bieżąco zdalnie monitorowana. Wyznaczane są wartości parametrów stanu pracy systemu, takich jak dokładność, dostępność, ciągłość i niezawodność.

#### ● AUTORSKI SYSTEM DYSTRYBUCJI DANYCH PRZEZ GSM/GPRS

System opracowany przez zespół Katedry Geodezji Satelitarnej i Nawigacji UWM w Olsztynie umożliwia transmisję informacji (korekcji) DGPS w czasie rzeczywistym od sieci stacji referencyjnych do użytkowników na terenie kraju na bazie technologii pakietowej transmisji danych GPRS stosowanej w sieciach GSM. Rozwiązanie zakłada, iż każda stacja referencyjna ma internetowe połączenie z istniejącym serwerem głównym systemu. Zbudowany system zarządzania poprawkami ze stacji referencyjnych i ich dystrybucja do użytkowników realizowane są przez serwer główny. W przypadku awarii jednej ze stacji referencyjnych następuje automatyczne przełączenie do stacji najbliższej lub do dowolnie wybranej stacji referencyjnej znajdującej się w systemie (fot. 6).

Rozwiązanie to gwarantuje nieprzerwaną dystrybucję poprawek DGPS ze stacji do użytkowników (mimo użycia publicznych łączy internetu) oraz zmniejsza znacząco



5. Korekty różnicowe DGPS/RTK wysyłane są jednocześnie do autorskiego systemu dystrybucji poprawek przez VPN, na lokalny komputer monitorujący stację referencyjną GPS oraz na zdalny komputer monitorujący

jej koszty. Technologię przetestowano, wykorzystując stację referencyjną w Gdańsku oraz dwie zlokalizowane w Olsztynie. Obecnie trwają prace nad uruchomieniem rozwiązania multistacyjnego w celu wyznaczenia optymalnych korekcji DGPS/GPRS dla użytkownika. Limit użytkowników jednocześnie korzystających z systemu wynosi na etapie testowania 65 tys., ale docelowo ich liczba może być praktycznie nieograniczona.

#### ● SERWIS OFEROWANY PRZEZ STACJĘ REFERENCYJNĄ

Wraz z rozwojem technologii, a przede wszystkim transmisji bezprzewodowej,

dziedziny, w których mogą być wykorzystywane stacje referencyjne, stają się praktycznie nieograniczone. Wpływ na to ma przede wszystkim możliwość podniesienia dokładności wyznaczeń w czasie rzeczywistym głównie w nawigacji, a także w precyzyjnym pozycjonowaniu geodezyjnym. Można tu mówić o wykorzystaniu różnych metod (kodowe oraz fazowe) i związanych z nimi dokładności, jednak w każdym przypadku niezbędne jest niezawodne łącze teletransmisyjne,

które musi w sposób ciągły, z możliwie najmniejszym opóźnieniem dostarczyć poprawki różnicowe. Dystrybucja poprawek transmitowanych najczęściej w międzynarodowym formacie RTCM S.C.-104 v.2.3 może odbywać się przy użyciu różnych technik teletransmisji danych:

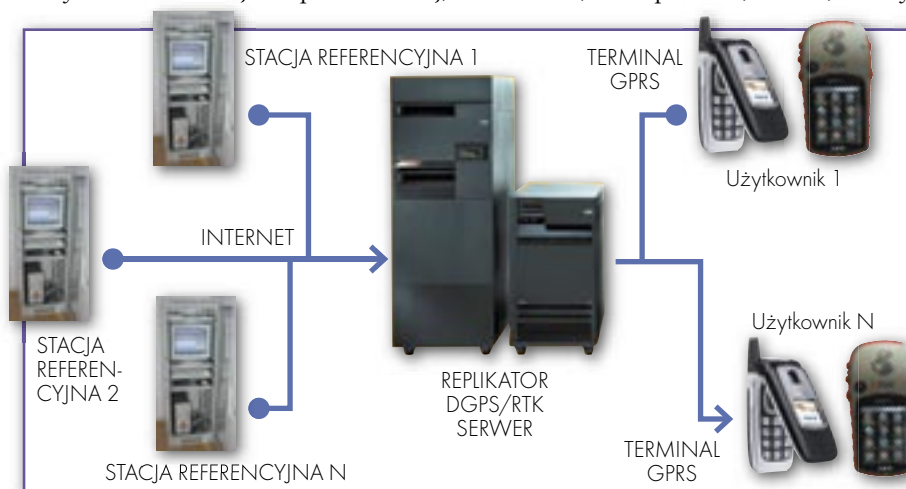
● drogą radiową: AM (LW/MW), FM

(VHF/UHF), FM/RDS, L1 (EGNOS);

● przez internet – łącza stałe (miedz/światłowody), łącza bezprzewodowe – GSM/GPRS, EDGE, Wi-Fi, UMTS, Wi-Max;

● przez dedykowane łącza sieci telefonii komórkowej GSM/GPRS, EDGE, TETRA, UMTS.

Zapotrzebowanie na dokładną i wiarygodną informację o pozycji obserwatora będącego w ruchu jest zgłaszane głównie przez służby mundurowe i organy reagowania kryzysowego, takie jak: centra powiadamiania ratunkowego, policja, straż miejska, pogotowie ratunkowe, straż pożarna, WOPR, służby



6. Autorski system dystrybucji poprawek DGPS/RTK oraz surowych danych obserwacyjnych do użytkowników mobilnych

ochrony środowiska naturalnego i inne. W sytuacjach kryzysowych wiarygodna informacja o pozycji może uratować kogoś życie bądź uchronić mienie przed zniszczeniem. Dlatego każda stacja czy sieć stacji referencyjnych powinna spełniać podstawowe, wcześniej zdefiniowane parametry nawigacyjne serwisu czasu rzeczywistego (*real-time*) w zakresie dokładności, wiarygodności (*integrity*), dostępności i ciągłości. Serwis taki powinien być wszechstronnie przetestowany i uzyskać certyfikat jakości, a następnie w sposób ciągły musi być przez centrum (centra) kontrolne monitorowany w celu dostarczenia użytkownikom natychmiastowej informacji o poprawnym działaniu lub awarii systemu (*integrity messages*). Informacja o dokładnej pozycji użytkownika jest niezwykle istotna we wszelkiego rodzaju usługach transportowych (wodnych, powietrznych, kolejowych i drogowych) – jest to potencjalnie jedna z największych grup odbiorców usług nawigacyjnych.

#### • GEODECI I UKŁAD ODNIESIĘĆ PRZESTRZENNYCH

Jedną z szczególnych grup użytkowników są geodeci, którzy wykorzystują najbardziej zaawansowaną technikę pozycjonowania RTK (Real Time Kinematic) z dokładnościami: poziomą w granicach od 1 do 3 cm oraz pionową do 5 cm. Uzyskiwana tego rzędu dokładność wyznaczania pozycji w czasie rzeczywistym może być z powodzeniem wykorzystywana do tworzenia aplikacji i systemów sterowania automatami, maszynami i pojazdami pracującymi na otwartym terenie, takimi jak: maszyny drogowe, dźwigi, pojazdy samobieżne, koparki ziemne i wodne, samoloty bezzałogowe itp.

Tworzenie nowoczesnych stacji referencyjnych GNSS oraz połączenie ich w jednolity w skali kraju i Europy system pozwoli na praktyczną realizację układu odniesień przestrzennych, dostępnego w czasie rzeczywistym. Poprzez wdrażanie i wykorzystywanie nowych technologii oczekuje się przede wszystkim poprawy bezpieczeństwa w ruchu lądowym, lotniczym i żegludze, usprawnienia i unowocześnienia technik pomiarów geodezyjnych oraz zrationalizowania wydatków ponoszonych przez budżet państwa na tworzenie systemów informacji geograficznej.

# POPRAWKI WYGODNE I DOKŁADNE

Uruchomienie własnej permanentnie pracującej stacji referencyjnej nie powinno sprawić dużego kłopotu przeciętnemu geodecie ze smykałką informatyczną. A własna działająca stacja może przynieść dużo frajdy z pomiarów RTK czy DGPS.

**P** przed rozpoczęciem prac nad uruchomieniem stacji referencyjnej trzeba odpowiedzieć sobie na kilka podstawowych pytań. Przede wszystkim, w jakim trybie pomiarów będziemy najczęściej działać. Zapewne pod uwagę brane będą RTK i DGPS, rzadziej postprocessing surowych obserwacji. Odbiornik musi więc pracować co najmniej na dwóch częstotliwościach GPS, a coraz bardziej przydatny staje się sygnał GLONASS. Bezpośrednio z technologią pomiaru związany będzie wybór standardu dystrybucji poprawek oraz typu wiadomości. Oprogramowanie sterujące stacją umożliwia wysyłanie korekt w ogólnosięciowym standardzie RTCM, a także plików w firmowych formatach producentów sprzętu (np. Leica, CMR+, JPS). W przypadku zapisu przez stację surowych obserwacji będą one archiwizowane przeważnie w formacie RAW lub RINEX.

**D** druga kwestia konieczna do rozpatrzenia to obszar, na którym ma działać zespół pomiarowy dysponujący pojedynczym odbiornikiem GPS. Jeśli nie przekroczy on 3-5 km (w terenie niezabudowanym), to korekty można dystrybuować za pomocą radiomodemów. Bardziej prawdopodobne jednak jest, że odbiornik będzie działał w większej odległości od stacji. Do 30 km możliwe będą pomiary RTK z dokładnością 5-10 cm, gdy zastosujemy internetowy sposób przesyłania korekt w technologii NTRIP pakietem GPRS. Komunikacja radiowa, oprócz ograniczonego zasięgu, ma jeszcze jedną wadę – poprawki dystrybuowane są na ogólnodostępnej częstotliwości i mogą być odbierane przez każdego użytkownika z odpowiednio ustawionym radiomodemem. Technologia internetowa umożliwia

precyzyjne wskazanie źródła poprawek (IP serwera stacji referencyjnej) odbiorcy (poprzez nadanie mu loginu i hasła) oraz typu wiadomości w przesyłanej poprawce. Technologia ta ma jednak inną wadę – trzeba płacić za transmisję danych przez GPRS. Na szczęście poprawki mają niewielką objętość i koszty będą małe.

**B**ardzo istotne jest oprogramowanie sterujące. Powinno ono umożliwiać obsługę stacji, generowanie plików obserwacyjnych i poprawek w różnych formatach, obsługę wbudowanego w odbiornik serwera FTP czy też dawać dostęp do parametrów pracy stacji poprzez stronę internetową. Taka forma dostępu jest bardzo wygodna, ponieważ administrator stacji może każdy z jej parametrów zmienić w dowolnym miejscu i czasie (nawet w terenie).

Na koniec kilka słów o warunkach technicznych instalowania całej aparatury pomiarowej. Antena wyposażona w element *choke-ring* (chroniący przed sygnałami odbitymi) musi być zamontowana w jak najbardziej stabilnym miejscu, najlepiej na dobrze posadowionym betonowym monumencie, a także w miejscu o dobrej widoczności horyzontu (dach wysokiego budynku). Współrzędne stacji powinny być wyznaczone z kilkunastominutowej sesji pomiarowej. Odbiornik GPS musi współpracować z komputerem o odpowiednim zasobie pamięci na obserwacje, a cały sprzęt, by zapewnić ciągłość pracy, powinien być zabezpieczony przed utratą zasilania.

Na kolejnych stronach w tabeli zostały zamieszczone referencyjne odbiorniki GPS oferowane na naszym rynku.

PROF. STANISŁAW OSZCZAK,  
DR ADAM CIEĆKO i MGR INŻ. BARTŁOMIEJ OSZCZAK  
są pracownikami Katedry Geodezji Satelitarnej  
i Nawigacji Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego  
w Olsztynie