

## Powierzchniowy RTK/DGPS

JACEK KUDŁA, MACIEJ ANTOSIEWICZ, ANNA ŚWIĄTEK, LESZEK JAWORSKI



Od chwili uruchomienia w 2002 r. Aktywnej Sieci Geodezyjnej ASG-PL dystrybucja poprawek RTK i DGPS była przedmiotem zainteresowania nie tylko inicjatorów jej budowy – głównego geodety kraju i marszałka województwa śląskiego, ale i środowiska geodezyjnego. W bieżącym roku w Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii zintensyfikowano prace nad stworzeniem wielofunkcyjnego systemu ASG-PL/EUPOS (jako części projektowanego europejskiego systemu EUPOS), który objąć ma całą Polskę. Na bazie działającej w województwie śląskim Aktywnej Sieci Geodezyjnej oraz opracowanych i zaleconych przez GUGiK standardów systemu ASG-PL/EUPOS w Centrum ASG-PL w Katowicach rozpoczęto pierwsze testy systemów umożliwiających wyznaczanie i dystrybucję tego typu poprawek na bazie sieci stacji referencyjnych.

### ● Dwa systemy

Ze względu na możliwości, jakie daje Aktywna Sieć Geodezyjna, próbom poddawane są powierzchniowe systemy RTK/DGPS, które – w przeciwieństwie do zwykłej metody RTK – umożliwiają obliczanie poprawek na podstawie obserwacji uzyskanych z sieci stacji referencyjnych.

Na świecie funkcjonuje już wiele systemów dystrybucji poprawek różniących się zasięgiem, liczbą stacji oraz sposobem udostępniania korekt (poprawek). Stosowane są z reguły dwa rozwiązania: VRS (wirtualna stacja referencyjna) amerykańskiej firmy Trimble oraz system GN-SMART (znany w Polsce jako GEO++ od nazwy niemieckiej firmy tworzącej to oprogramowanie). W Niemczech, gdzie funkcjonuje system SAPOS będący odniesieniem dla projektu EUPOS, w zależności od landu stosowane jest jedno z tych rozwiązań.

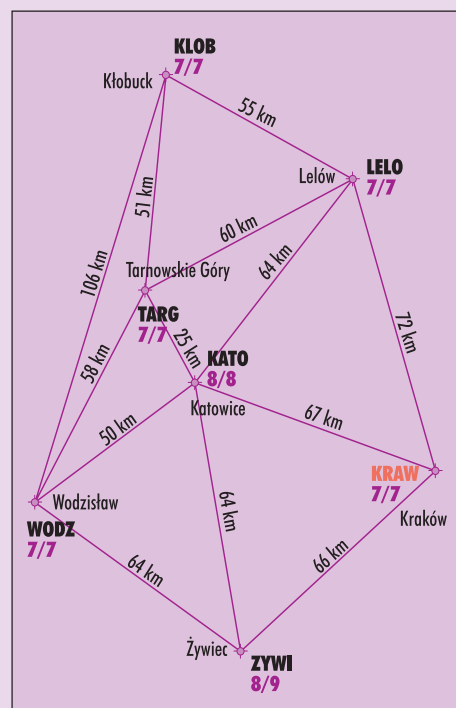
W lipcu katowickie Centrum przystąpiło do testowania obu systemów. Działania

te zbiegły się z propozycją czasowej, nieodpłatnej ich instalacji, z jaką wystąpili przedstawiciele regionalni: Trimble'a – Terrasat GmbH i Geotronics z Krakowa oraz Leiki Geosystems – Instrumenty Geodezyjne Tadeusz Nadowski z Tychów. System VRS uruchomiony został jako pierwszy, start GNSMART zaplanowano na wrzesień. W niniejszym artykule przedstawiamy informacje dotyczące wstępnych prób z systemem VRS.

### ● Ze stacji do Centrum

Zadaniem docelowym jest uruchomienie RTK/DGPS w takiej postaci, by zapewnić użytkownikom możliwie największą dokładność i pewność wyników oraz oferować prosty i wygodny sposób odbioru poprawek. Ważnym elementem jest także łatwość administrowania systemem ze strony Centrum Zarządzania. Stacje referencyjne powierzchniowych systemów RTK powinny znajdować się w odległościach nie większych niż 70 km, tak aby dystans od odbiornika ruchomego do stacji nie przekraczał (w skrajnym przypadku) 35 km. Jeśli warunek ten jest spełniony, wewnątrz obszaru utworzonego przez sieć stacji błąd wyznaczenia pozycji za pomocą korekt RTK jest nie większy niż 0,02 m w poziomie i 0,05 m w pionie (99% wyników spełnia te założenia). W przypadku zwiększenia odległości od stacji referencyjnej pewność ta maleje i wzrasta błąd wyznaczenia pozycji. Gdy odległości pomiędzy stacjami wynoszą od 70 do 300 km, generowane korekty DGPS pozwalają wyznaczać pozycje z błędami poziomymi poniżej 0,25 m.

W testach postanowiono wykorzystać sieć stacji referencyjnych ASG-PL działających w województwie śląskim (rys. 1) oraz stacje w Krakowie (KRAW) i Wrocławiu (WROC). Dane ze stacji referencyjnych przesyłane są do Centrum ASG-PL w postaci binarnej. Transmisja odbywa się za pośrednictwem sieci POLPAK-T (ze stacji ASG-PL) oraz internetu (ze stacji zewnętrznych). Jeśli dane docierają do sys-



Rys. 1. Sieć testowa VRS. Na rysunku zaznaczone są poszczególne stacje wraz z wektorami. Liczby pod nazwą stacji to satelity obserwowane w danej chwili i satelity użyte do procesu obliczeniowego

temu z opóźnieniem większym niż 2 sekundy, nie są uwzględniane w obliczeniach poprawek. I tak, przy włączeniu stacji WROC do systemu VRS okazało się, że opóźnienie w transferze danych w stosunku do stacji odniesienia Katowice (KATO) przekraczało dopuszczalną wartość, co wyeliminowało ją z prób (na początku września testy z tą stacją zostaną wznowione przy innym sposobie transferu danych).

Zrealizowane już transfery danych do Centrum ASG-PL pozwoliły na wyciągnięcie pierwszych wniosków. Z pewnością sieć POLPAK-T jest bardzo wygodna i szybka, ale jednocześnie koszt połączeń jest wysoki. Ten sam efekt (szybkość i wygodę) zapewnić może transmisja internetowa.

**Synchronizer (Coordinate Monitor): Status**

Synchronized output (Time/Stations): 2004-08-20 07:52:15 - 7

ID	Station	Received	Delay [s]	Avg. Delay [s] (Epochs)
1	Katowice	2004-08-20 07:52:16	0.156	0.138 (12)
14	Klobuck	2004-08-20 07:52:16	0.156	0.122 (12)
118	KRAW	2004-08-20 07:52:16	0.000	0.204 (12)
13	Lelow	2004-08-20 07:52:15	1.046	0.272 (12)
12	Tarnowskie Gory	2004-08-20 07:52:16	0.079	0.053 (12)
11	Wodzislaw	2004-08-20 07:52:16	0.156	0.109 (12)
10	Zywiec	2004-08-20 07:52:16	0.156	0.148 (12)

Rys. 2. Synchronizacja danych otrzymywanych ze stacji referencyjnych

**Coordinate Monitor: Current Differences**

ID	Station	North Offset	East Offset	Height Offset	3D Offset
1	Katowice (reference)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	Klobuck	0.0046	-0.0049	0.0013	0.0068
118	KRAW	0.0143	-0.0078	0.0021	0.0165
13	Lelow	0.0033	-0.0168	0.0089	0.0193
12	Tarnowskie Gory	0.0118	-0.0037	-0.0103	0.0161
11	Wodzislaw	0.0135	-0.0041	-0.0132	0.0193
10	Zywiec	0.0097	-0.0050	-0.0094	0.0144

Rys. 3. Analiza położenia stacji referencyjnych

## Technologia VRS

Poprawki różnicowe do pomiarów GPS zazwyczaj odbierane są z położonej w pewnym oddaleniu stacji referencyjnej za pośrednictwem mediów transmisyjnych (telefon komórkowa GSM, łączność radiowa). W systemie VRS korekty otrzymywane są ze stacji wirtualnej, położonej umownie w pobliżu odbiornika. Ta nieistniejąca fizycznie stacja stworzona jest przez system obliczeniowy na podstawie danych obserwacyjnych pochodzących ze stacji referencyjnych oraz przybliżonej pozycji użytkownika uzyskanej z bezpośredniego pomiaru i przesyłanej do centrum obliczeniowego. Oprogramowanie VRS uruchomione w Centrum ASG-PL składa się z trzech podstawowych modułów/programów:

- RTKNet – do analizy danych obserwacyjnych, synchronizacji obliczeń RTK i DGPS, obliczeń systematycznych błędów jonosfery, troposfery, orbit, analizy stałości położenia stacji referencyjnych (rys. 2 i rys. 3);

- GPStream – do komunikacji ze stacjami referencyjnymi i stacją ruchomą oraz dystrybucji poprawek RTK/DGPS za pomocą GSM;

- GPServer – do udostępniania poprawek przez internet (będący jednocześnie serwisem WWW, dostępnym przez stronę internetową ASG-PL).

System VRS pozwala użytkownikowi na jednoczesne korzystanie z trzech rodzajów korekt:

- RTCM SC 104 v. 2.3 VRS (poprawki ze stacji wirtualnej) – dla RTK;

- RTCM SC 104 v. 2.3 + FKP (poprawki z parametrem korekcji obszaru FKP) – dla RTK;

■ RTCM SC 104 v. 2.0 – dla DGPS. Wykorzystanie w testach istniejącej infrastruktury ASG-PL z jednej strony umożliwiło bardzo szybkie uruchomienie systemu, ale z drugiej utrudniło niektóre czynności. Mimo iż moduł VRS „dołożono” do struktury ASG-PL (która ze względu na zabezpieczenia sieciowe nie była zaprojektowana na dodatkowy moduł), to zastosowa-

nie otwartego standardu bardzo ułatwiło instalację oprogramowania VRS. Przeprowadzili ją specjaliści z niemieckiej firmy Trimble Terrasat GmbH przy współudziale pracowników Centrum ASG-PL.

## Komunikacja systemu z użytkownikami

Kolejnym krokiem było zapewnienie dystrybucji poprawek. Wybrano najczęściej obecnie stosowaną na świecie transmisję za pomocą sieci telefonii komórkowej GSM. Do testów zestawiono specjalne połączenie z siecią Polskiej Telefonii Cyfrowej. Całość transmisji odbywa się za pomocą protokołu IP, a więc umożliwia komunikację z wykorzystaniem protokołów z rodziny TCP/IP.

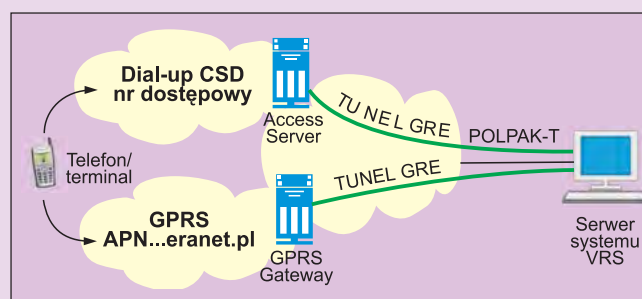
Zastosowane serwery usługowe PTC – Access Server oraz GPRS Gateway pozwoliły

na uruchomienie dwóch rodzajów transmisji: dial-up typu CSD oraz GPRS. Dial-up CSD pozwala na połączenie się z przydzielonym numerem GSM (opłata związana jest z czasem trwania połączenia, niezależnie od ilości przesyłanych danych). Jest to numer wielokanałowy, umożliwiający zestawienie wielu jednoczesnych połączeń.

GPRS jest technologią transmisji danych metodą pakietową z prędkością do 115 kb/s, jednak w rzeczywistości prędkość ograniczona jest możliwościami telefonu/mo-

demu użytkownika. Połączenie jest wykorzystywane tylko w momencie transferu danych, a opłata pobierana jest za ilość przesłanych danych, a nie za czas trwania połączenia. Systemem wspierającym działanie GPRS jest platforma GPRS umożliwiająca tworzenie podsieci, określanych nazwą APN, czyli punktów dostępowych sieci. W efekcie użytkownik, mając do dyspozycji te dwa rodzaje transmisji, uzyskuje połączenie z serwerem VRS znajdującym się w Centrum ASG-PL, który odbiera informację o przybliżonej pozycji odbiornika (w formacie NMEA) i oblicza parametry wirtualnej stacji referencyjnej (rys. 4). Może zatem pobierać poprawki RTK z tej wirtualnej stacji lub z najbliższej rzeczywistej stacji wraz z obliczoną korekcją obszarową FKP. Na etapie testowania systemu Centrum ASG-PL dysponuje jednym numerem GSM w sieci ERA (0 608 989-079), pod który mogą dzwonić chętni do przetestowania systemu. Standardowo dostępne są korekty RTK w formacie RTCM SC 104 v. 2.3 VRS, jednakże po kontakcie z Centrum możliwe jest udostępnienie korekt RTCM SC 104 v. 2.3 + FKP lub RTCM SC 104 v. 2.0. Wzrostowi docelowym zakładane jest posiadanie trzech numerów – po jednym dla każdego rodzaju poprawek.

Transmisję GPRS można zrealizować pod adresem IP: 195.205.21.165, gdzie pod numerami portów: 8081, 8082, 8083 dostępne są odpowiednie korekty: RTCM



Rys. 4. Schemat połączenia z operatorem komórkowym

VRS, DGPS, RTCM + FKP. Nazwa przyjętego do testów APN to: test14.eranet.pl (bez użytkownika i hasła) pod numerem: \*99\*\*\*1#.

Dodatkowym sposobem udostępniania korekt RTK i DGPS poprzez GPRS jest zastosowanie NTRIP-u (Transport of RTCM via Internet Protocol). Opisany w poprzednich numerach GEODETY (6 i 8/2004) projekt pilotowy EUREF-IP pozwala m.in. na pobranie darmowego oprogramowania przeznaczonego dla danej platformy sprzętowej i programowej użytkownika i umoż-



liwia korzystanie z poprawek nie tylko w tym projekcie, ale także teście VRS. Stosując port 8080, użytkownik ma wygodny dostęp do listy korekt oraz prosty wybór potrzebnych poprawek. Obecnie lista składa się z 4 rodzajów korekt (dodatkowo format binarny Trimble'a).

W celu skorzystania z transferu GPRS w ASG-PL konieczne jest posiadanie karty SIM w sieci ERA oraz zarejestrowanie jej do testowego APN-u (darmowe poprzez Centrum ASG-PL) lub wypożyczenie karty SIM z Centrum ASG-PL (karta oraz transfer danych opłacane są przez samorząd województwa śląskiego). Ograniczenie do korzystania z usług tego operatora związane jest wyłącznie z udostępnieniem Access Serwera oraz APN-u. W docelowym rozwiązaniu system będzie uniwersalny.

Uruchomienie VRS odbyło się przy udziale firmy Trimble, dlatego też przy pierwszych testach korzystano z jej odbiorników. System został jednak tak pomyślany, że pomiary można wykonać, dysponując dowolnym odbiornikiem GPS posiadającym możliwość odbioru poprawek RTK/DGPS w formacie RTCM oraz telefonem komórkowym z opcją transmisji GPRS. Takie rozwiązanie nie naraża użytkownika na dodatkowe koszty związane np. z zakupem oddzielnego wyposażenia, choć nie wyklucza zastosowania specjalistycznych modemów.

## ● Pomiar kontrolne

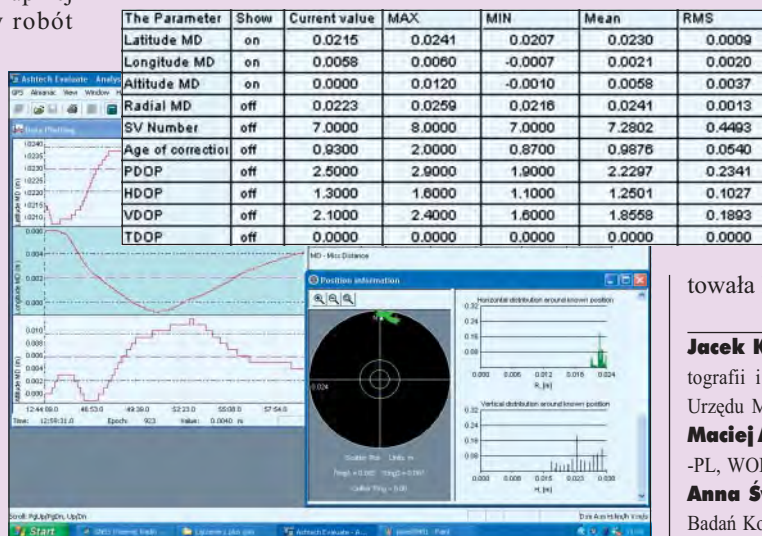
Pierwsze pomiary wykonano 20 sierpnia br. na budowie Drogowej Trasy Średnicowej w Katowicach. Na tej prestiżowej dla Śląska inwestycji technologia RTK wykorzystywana jest w codziennych pracach geodezyjnych. Dzięki uprzejmości wykonawcy robót (PRINŻ Holding S.A.) w pomiarach wykorzystano ośrodek realizacyjną o podwyższonej dokładności (układ współrzędnych 1965, strefa V, układ wysokości Kronsztadt 1986). Przed pomiarem założono, że dokładność wyznaczenia położenia punktów w stosunku do stacji wirtualnej nie może przekroczyć: 0,015 m w poziomie i

0,020 m w pionie. W celu wpasowania (z układu WGS-84) w układ 1965 pomierzono punkty osnowy rozłożone na obszarze o długości około 2,5 km. Odchyłki osiągnięte na punktach dostosowania przedstawiono w tabeli poniżej.

Nr punktu	Odchyłka pozioma [m]	Odchyłka pionowa [m]
904	0,015	0,020
734	0,019	0,007
710	0,015	0,001
913	0,007	0,003
910	0,012	0,009

Podobne wartości otrzymano na punktach osnowy kontrolnie pomierzonych na terenie budowy. Błędy wyznaczenia nie przekroczyły założonych dokładności w odbiorniku. Pomiary wykonano przy współudziale firmy Geotronics Kraków. Wykorzystano odbiornik Trimble serii 5800 łączący się z telefonem komórkowym za pomocą technologii Bluetooth. Transmisja danych odbywała się za pomocą GSM i GPRS.

Na rysunku 5 przedstawiono z kolei wyniki pomiarów na punkcie sieci POLREF – 0401 Radostowice położonym w pobliżu Pszczyny. Pomiar wykonali pracownicy firmy Instrumenty Geodezyjne Tadeusz Nadowski, a uzyskane współrzędne porównano z wartościami katalogowymi. Pierwsze testy potwierdziły przyjęte na początku założenia dokładnościowe. Centrum ASG-PL planuje wykonanie w następnych tygodniach kolejnych prób na wybranych punktach osnowy w województwie śląskim oraz Małopolsce. Planowane jest testowe udostępnienie systemu VRS do końca października br.



Rys. 5. Zestawienie wyznaczenia współrzędnych na punkcie 0401 POLREF

- DGPS** – Differential GPS (różnicowy GPS)
- FKP** – Flächenkorrekturparameter (parametry poprawki powierzchniowej)
- GNSS** – Global Navigation Satellite System (globalny nawigacyjny system satelitarny)
- GPRS** – General Packet Radio Service (technologia transmisji danych metodą pakietową)
- GSM** – Global System for Mobile communications (standard cyfrowy telefonii komórkowej)
- NMEA** – format przesyłu danych określony przez National Marine Electronics Association
- POLPAK-T** – uruchomiona w 1996 r. przez TP S.A. szybka sieć transmisji danych wykorzystująca protokoły Frame Relay i ATM
- RTCM SC 104 v. 2.3** – Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee 104, version 2.3 (standard Komisji Radiotechnicznej dla Służb Morskich)
- RTK** – Real Time Kinematic (metoda kinematyczna w czasie rzeczywistym)
- SAPOS** – SATellitenPOSITIONierungsdienst (serwis pozycjonowania satelitarnego niemieckiej służby geodezyjnej)

## ● Co dalej?

We wrześniu będą kontynuowane pomiary z systemem GNSMART oraz zostanie sprawdzone zestawienie połączenia z innym operatorem sieci komórkowej (Plus GSM). Do rozwiązania pozostaje kwestia odpłatności za połączenia z siecią komórkową oraz za udostępnianie poprawek. Biorąc pod uwagę dobrą współpracę z operatorami komórkowymi, realnie wydaje się wynegocjowanie (wzorem innych krajów europejskich) specjalnych taríf dla użytkowników tego typu usługi. Otwiera się tutaj wspaniałe pole do działania dla Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii. Wysokość opłat za udostępnianie poprawek zwerfkuje natomiast życie. Na cenę będzie z pewnością rzutowała liczba użytkowników.

- Jacek Kudła** – dyrektor Wydziału Geodezji, Kartografii i Gospodarki Nieruchomościami Śląskiego Urzędu Marszałkowskiego,
  - Maciej Antosiewicz** – Centrum Zarządzania ASG-PL, WODGiK w Katowicach,
  - Anna Świątek, Leszek Jaworski** – Centrum Badań Kosmicznych PAN
- W artykule wykorzystano materiały wewnętrzne Centrum ASG-PL