

Koniec ery RTK?



Usługi PPP czasu rzeczywistego przebojem zdobywają rynek nawigacji satelitarnej. Co to takiego i czy warto już teraz inwestować w odbiorniki kompatybilne z tymi rozwiązaniami?

Jerzy Królikowski

Geodeci szybko pokochali pomiary RTK i nie ma się co dziwić. Już kilkadziesiąt sekund po włączeniu odbiornika pozwalają one sprawnie i łatwo wyznaczyć pozycję z dokładnością pojedynczych centymetrów. Stała rozbudowa systemów GNSS oraz krajowych sieci stacji referencyjnych sprawiają natomiast, że ubywa miejsc, gdzie trzeba przetrzucić się na tachimetr.

Technologia ta jest również przystępna finansowo. Najtańszy odbiornik RTK kosztuje bowiem tyle co dobrej klasy tachimetr. Do tego trzeba wprawdzie doliczyć abonament na korekty, ale to nieco ponad sto złotych miesięcznie.

Ta miłość nie jest jednak wolna od rozczarowań. Na porządku dziennym jest przecież nagła utrata łączności ze strumieniem korekt czy trudności ze złapaniem zasięgu sieci komórkowej. Źródłem problemów bywa także skomplikowana infrastruktura sieci referen-

cyjnych. Konieczność utrzymywania kilkudziesięciu stacji na rozległym obszarze sprawia bowiem, że siłą rzeczy któraś z nich raz na jakiś czas się popsuje lub zabraknie w niej prądu, a to zostawia okolicznych użytkowników na lodzie.

Problemem jest także niewielki zasięg. W przypadku pojedynczej stacji korekty obejmą kilka sąsiednich powiatów. Sieci mają zaś zasięg regionalny bądź ogólnokrajowy. W wielu przypadkach to wystarcza, ale gdy firma pracu-



Fot. Iga Pępek

Rys. 1. Studenci AGH w cypryjskim Pafos podczas wyprawy BARI 2017 w pomiarach tamtejszych zabytków wykorzystali m.in. serwis RTX bazujący na technice RT-PPP

Trudno się więc dziwić, że naukowcy na całym świecie coraz intensywniej poszukują alternatywy dla korekt RTK. Na razie najbardziej obiecującym rozwiązaniem wydaje się technika RT-PPP (Real Time Precise Point Positioning).

• Jeden system, cały świat

Laikowi techniki RTK i RT-PPP mogą wydawać się bardzo podobne. W obu przypadkach mamy bowiem jakieś stacje referencyjne oraz generowany dzięki nim sygnał, który po dotarciu do odbiornika ruchomego pozwala mierzyć ze zwiększoną dokładnością. W szczególności istnieje jednak wiele różnic (rys. 2).

Jak wiadomo, pomiar GNSS obarczony jest różnego rodzaju błędami (np. błędami orbit i zegarów czy opóźnieniem atmosferycznym). W przypadku RTK są one wyznaczane na stacji referencyjnej i rozsyłane do okolicznych odbiorników, a te mogą je łatwo i szybko uwzględnić w pomiarach.

W przypadku RT-PPP korekty są zdecydowanie prostsze, bo oferują przede wszystkim informacje o precyzyjnych orbitach i zegarach satelitarnych. Ciężar wyznaczania błędów spoczywa więc nie na stacji referencyjnej, ale na odbiorniku ruchomym, z reguły dwuczęstotliwościowym (ta cecha ułatwia uporanie się z opóźnieniem jonosferycznym). W rezultacie w technice RT-PPP korekty są użyteczne na całym świecie, a nie – jak w przypadku RTK – w promieniu kilkudziesięciu kilometrów od stacji referencyjnej. To pozwala wykorzystać do ich

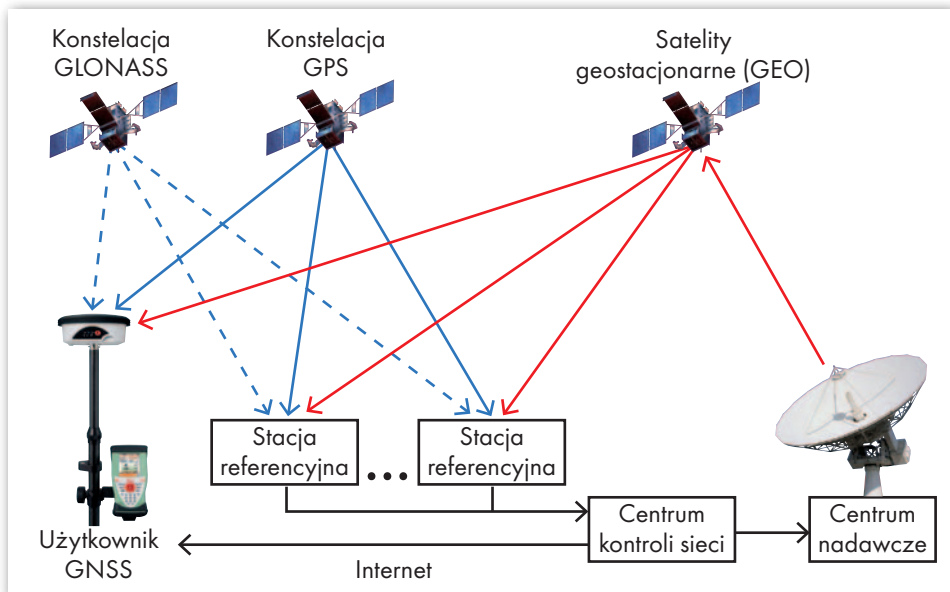
nadawania satelity geostacjonarne obejmujące swoim zasięgiem całe kontynenty. Z tego typu rozwiązań możemy więc z powodzeniem korzystać w miejscach, gdzie nie ma dostępu do internetu czy sieci komórkowych. Na marginesie dodajmy, że część serwisów bazujących na tej technice transmituje korekty również przez internet. To szczególnie istotne np. przy pomiarach wśród wysokiej zabudowy, która może przesłaniać satelity geostacjonarne.

Zaletą RT-PPP jest również to, że stacje referencyjne mogą być rozmieszczone znacznie rzadziej. Działające obecnie globalne systemy bazujące na tej technice potrzebują ich raptem od stu kilkudziesięciu do dwustu kilkudziesięciu, a więc tyle co sieć RTK tylko dla samej Polski. Co więcej, infrastruktura ta jest redundantna, gdyż każdy satelita GNSS widoczny jest z kilku stacji. Awaria jednej lub nawet kilku z nich nie musi więc wpłynąć na globalną operacyjność usługi.

• Cierpliwość jest cnotą, ale bez przesady

Brzmi zbyt pięknie, żeby było prawdziwe? Owszem. Nie wspomnieliśmy bowiem o kluczowej wadzie techniki PPP, jaką jest długi tzw. czas konwergencji (zbieżności), czyli oczekiwania na rozpoczęcie pomiarów o centymetrowej dokładności. W przypadku RTK złapanie фикса zajmuje z reguły nie więcej niż kilkadziesiąt sekund. Gdy korzystamy z usług bazujących na technice RT-PPP, typowy czas inicjalizacji wynosi około 30 minut, a w niesprzyjających warunkach (np. przy niespokojnej jonosferze) nawet kilka godzin! Ktoś złoś-

je również za granicą, musi płacić krocie za abonamenty w różnych usługach. Powyższe ograniczenia sprawiają, że poza branżą geodezyjną metoda RTK ma bardzo wąskie grono użytkowników. Według „Raportu użytkowników GNSS 2016” opracowanego przez Europejską Agencję ds. GNSS (GSA) rocznie na całym świecie produkuje się prawie 2 miliardy odbiorników GNSS, tymczasem produkcja sprzętu RTK ledwo przekracza 300 tys. sztuk. A zapotrzebowanie na przystępne i jednocześnie precyzyjne technologie lokalizacyjne wcale nie jest takie małe. Przykładem jest chociażby przemysł motoryzacyjny zainteresowany wyznaczaniem pozycji z dokładnością do pojedynczego pasa ruchu (ale bez znacznego zwiększania ceny auta).



Rys. 2. Schemat działania serwisów RT-PPP

Fot. NovAtel

liwy mógłby stwierdzić, że mówienie w takim przypadku o pomiarach w czasie rzeczywistym jest sporą przesadą. Pewnym pocieszeniem jest to, że reinicjalizacja jest z reguły znacznie szybsza. Zakładając, że utraciliśmy łączność tylko z kilkoma satelitami, przywrócenie wysokiej dokładności powinno być natychmiastowe. Jeśli jednak odbiornik utracił łączność ze wszystkimi lub prawie wszystkimi aparatami, a do tego zmienił swoją pozycję, znów musimy uzbroić się w cierpliwość.

Dlaczego inicjalizacja trwa tak długo? – W przypadku PPP, inaczej niż w technikach różnicowych, trzeba uporać się z wieloma źródłami błędów (nieodkładnością wyznaczenia orbit i poprawek dla zegarów satelitów, poprawką zegara odbiornika, opóźnieniami atmosferycznymi sygnału), najczęściej wyznaczając je jako niewiadome. Niestety, część tych niewiadomych parametrów jest silnie skorelowana, czyli powiązana ze sobą. W szczególności są to: wysokość odbiornika, błąd zegara odbiornika oraz opóźnienie sygnału

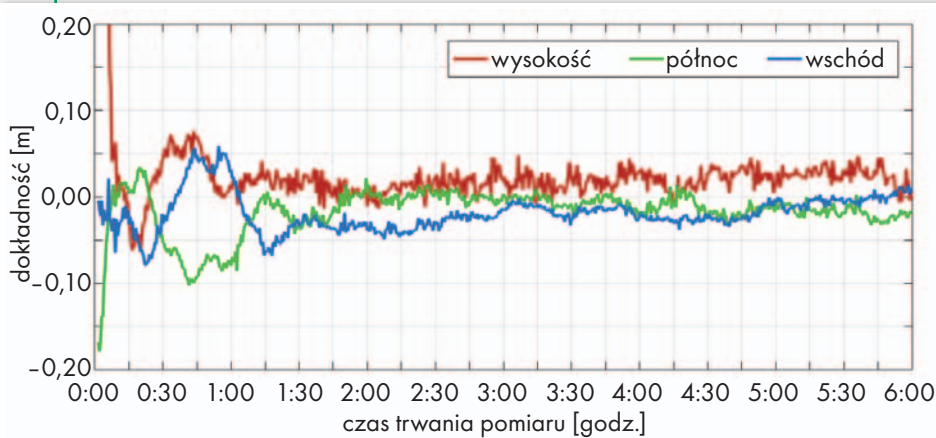
w troposferze. Potrzeba więc znacznej zmiany geometrii satelitów względem odbiornika, aby poprawnie te parametry wyznaczyć – wyjaśnia dr Tomasz Hadaś z Instytutu Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, który naukowo zajmuje się techniką PPP. Dodaje, że czas ten może się znacznie różnić w zależności np. od dynamiki odbiornika (rozwiązania statyczne zbiegają się znacznie szybciej niż kinematyczne) oraz liczby śledzonych satelitów (rozwiązania multi-GNSS znacząco skracają więc czas inicjalizacji). – Najlepsze typowe rozwiązania RT-PPP wciąż jednak potrzebują kilkunastu minut, a nie sekund jak w RTK – podkreśla dr Tomasz Hadaś.

Czy postęp technologiczny może sprawić, że problem długiej konwergencji uda się rozwiązać lub chociaż znacznie ograniczyć? – Standardowa technika PPP wymaga obserwacji dwuczęstotliwościowych, aby wyeliminować opóźnienie jonosferyczne, ale kosztem utraty całkowitego charakteru nieoznaczoności fazowych. To uniemożliwia szybkie

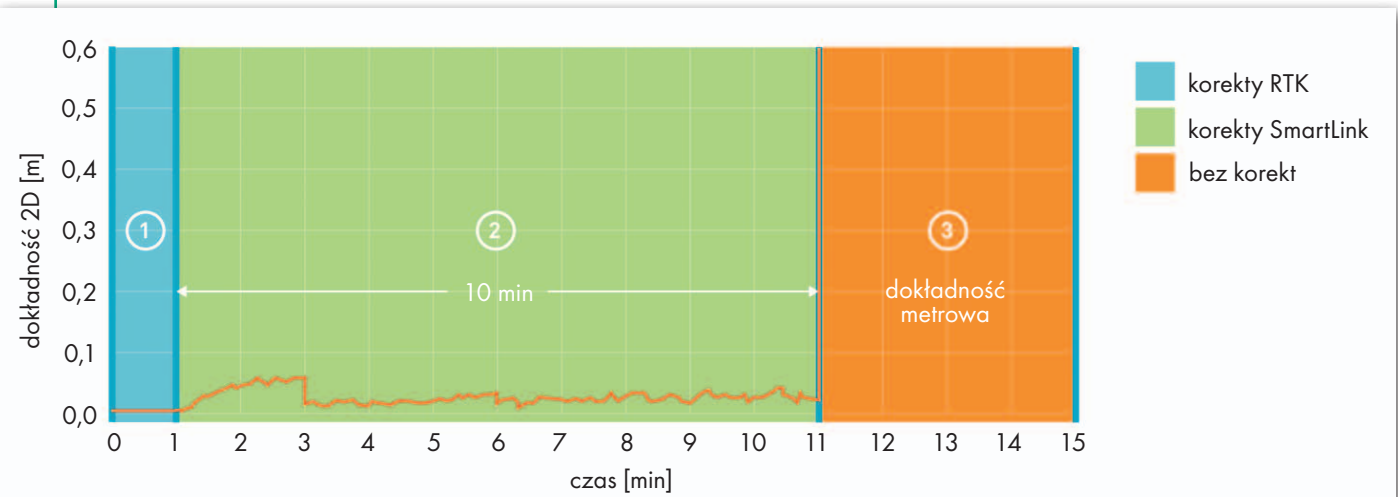
„złapanie фикса”, z czego korzysta technika RTK. Zmiana algorytmu opracowania obserwacji, w którym wykorzystuje się wprost obserwacje na poszczególnych częstotliwościach i estymuje opóźnienie jonosferyczne, pozwoli zachować nieoznaczoność jako liczby całkowite. Wymaga to jednak znajomości tzw. opóźnień sprzętowych (satelitów i odbiornika) dla kodu i fazy. W postprocessingu jest to możliwe już od kilku lat na podstawie globalnej lub regionalnej sieci odbiorników referencyjnych. W czasie rzeczywistym to jednak wciąż nowość, ale dwa centra obliczeniowe Międzynarodowej Służby GNSS (IGS): francuski CNES i kanadyjski NRCAN, już to robią na skalę globalną. Istnieją też rozwiązania komercyjne, które wyznaczają poprawki regionalne. Przykładem jest Trimble, który deklaruje inicjalizację w czasie maksymalnie 5 minut w serwisie RTX Fast, dostępnym także w części Europy. Podczas gdy rozwiązania komercyjne działają najczęściej tylko z odbiornikami tego samego producenta, produkty IGS są dostępne za darmo, pasują do każdego typu odbiornika, który umie z nich skorzystać, ale nie ma jeszcze żadnej gwarancji, że jest to serwis operacyjny – wyjaśnia dr Tomasz Hadaś.

● Centymetry na każdą kieszeń?

Wspomniana przez wrocławskiego naukowca usługa RTX Fast to na dziś bodaj najbardziej innowacyjne rozwiązanie bazujące na technice RT-PPP. Co istotne, od listopada tego roku obejmuje już całą Polskę, a oprócz tego wybrane fragmenty Europy i Ameryki Północnej. O doświadczenia w zakresie użytkowania tego rozwiązania zapytaliśmy firmę Geotronics Dystrybucja, krajowego dystrybutora Trimble'a. – Na podstawie testów przeprowadzonych na terenie Polski możemy



Rys. 3. Rozwiązanie RT-PPP w oprogramowaniu WARP z wykorzystaniem obserwacji GPS i korekt z publicznego serwisu IGS RTS



Rys. 4. Ważną zaletą RT-PPP w geodezji jest możliwość podtrzymywania centymetrowej dokładności mimo utraty фикса. Na wykresie widać dokładność pomiaru w usłudze SmartLink w stosunku do RTK

powiedzieć, że w przypadku RTX Fast czas inicjalizacji zależy w dużej mierze od metody odbioru korekty, bo RTX to nie tylko sygnał transmitowany drogą satelitarną, ale także przez internet. Jeżeli mówimy o korekcie odbieranej wprost z satelity, to czas inicjalizacji w otwartym terenie nie przekroczył 30 sekund, a precyzja na poziomie 2-3 cm osiągana była zazwyczaj po minucie. Dokładność wyznaczanych współrzędnych w porównaniu do sieci VRSNET i ASG-EUPOS mieściła się w zakresie 1-2 cm sytuacyjnie i 2-4 cm wysokościowo – mówi Tomasz Zieliński z Geotronics Dystrybucja.

Jak widać, istnieją już technologiczne rozwiązania bazujące na metodzie RT-PPP, które niewiele ustępują pomiarom RTK. Pozostają jednak przynajmniej dwa „ale”. Po pierwsze, na razie RTX Fast ma ograniczony zasięg. Po drugie, abonament kosztuje ponad 5 razy więcej niż w ASG-EUPOS. Oczywiście pamiętajmy, że w cenie tej otrzymujemy dostęp do kontynentalnych, a nie krajowych korekt. W przypadku użytkowników pracujących w różnych częściach Europy usługa RTX może więc okazać się opłacalna.

Dodajmy, że na rynku dostępnych jest kilka rozwiązań, które pozwalają na niemal natychmiastową inicjalizację precyzyjnych pomiarów RT-PPP przy wsparciu korekt RTK. W przypadku Trimble'a to usługa xFill, Leica Geosystems oferuje serwisy SmartLink i SmartLink fill, a Hemisphere proponuje funkcję aRTK. Oczywiście można zadać pytanie, po co korzystać z techniki RT-PPP, skoro mamy dostęp do korekt RTK. Czasem ma to jednak sens. Na przykład gdy połączenie ze strumieniem korekt RTK często się „rwie”, wymienione usługi będą skutecznie podtrzymywać centymetrową dokładność pomiaru (rys. 4). Dodajmy, że niektóre z nich działają przez ograniczony czas. Na przykład xFill wyznacza pozycję przez 5-20 minut od utraty фикса, ale za to jest oferowany w cenie odbiornika Trimble R10. SmartLink Fill działa natomiast do 10 minut, ale akurat to rozwiązanie wymaga wykupienia abonamentu.

• Komu PPP?

Jak widać w tabeli obok, oferta usług bazujących na technikach RT-PPP jest naprawdę bogata. Tylko czy warto już dziś inwestować w stosowne subskrypcje oraz kompatybilne z nimi odbiorniki? Krajowi dystrybutorzy przyznają, że na razie zainteresowanie branży geodezyjnej tymi rozwiązaniami jest niewielkie. Wszystko oczywiście przez to, że w Polsce funkcjonuje już kilka sieci referen-

Komercyjne usługi RT-PPP

System	Usługa	Deklarowana dokładność	Wspierane konstelacje	Właściciel
Atlas	Basic	50 cm	GPS, GLONASS, BeiDou	Hemisphere
	H30	30 cm	GPS, GLONASS, BeiDou	
	H10	8 cm	GPS, GLONASS, BeiDou	
C-Nav	C1	5 cm	GPS	Oceaneering International
Hi-RTP	RTP-SM	submetrowa	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	Hi-Target
	RTP-DM	10-20 cm	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	
	RTP-CM	5-10 cm	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	
	RTP-RTK	3-5 cm	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	
OmniStar	XP	15 cm	GPS	Trimble
	G2	<10 cm	GPS, GLONASS	
RTX	ViewPoint	<1 m	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	Trimble
	RangePoint	<50 cm	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	
	FieldPoint	<20 cm	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	
	CenterPoint	<4 cm	GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo	
StarFire	SF2	5 cm	GPS, GLONASS	John Deere
TerraStar	TerraStar D	10 cm	GPS, GLONASS	Hexagon
	TerraStar C	2-3 cm	GPS, GLONASS	
Veripos	C2	5 cm	GPS, GLONASS	Hexagon
	Apex	10-20 cm	GPS	
	Apex2	5 cm	GPS, GLONASS	
	Ultra	15 cm	GPS	
	Ultra2	8 cm	GPS, GLONASS	

Na podstawie „GNSS User Report 2016”

cyjnych, które biją RT-PPP zarówno jakością pomiaru, jak i niższą ceną. – Na dziś tego typu usługi mają u nas sens w zasadzie tylko na pełnym morzu – mówi jeden z dystrybutorów.

Tomasz Profus – prezes firmy NaviGate (dystrybutora odbiorników Spectra Precision, marki będącej częścią Trimble'a) wylicza jednak klientów, dla których opcja odbioru korekt RTX okazała się przydatna. Na przykład studenci Koła Naukowego Geodetów „Dahlta” z krakowskiej AGH użyli ich do inwentaryzacji zabytków w cypryjskim Pafos podczas wyprawy BARI 2017. Jak czytamy w ich sprawozdaniu, korzystając z odbiornika Spectra Precision SP60, za każdym razem uzyskiwali deklarowaną przez producenta dokładność około 4 cm w czasie do 30-40 min. Z RTX korzystają naukowcy z UAM w Poznaniu prowadzący badania w peruwiańskim lesie deszczowym czy archeolodzy pracujący poza Europą. – Mieliśmy też klienta, który do celów wojskowych potrzebował odbiornika z centymetrową dokładnością do pomiarów na pustyni w Maroku. Technologia RTX spisała się tu świetnie – mówi Tomasz Profus.

W jego ocenie na dziś RT-PPP sprawdzi się przede wszystkim poza granicami kraju, gdzie nie ma dostępu do sieci RTK lub jest on utrudniony. Odpada

wówczas konieczność dysponowania dodatkowym odbiornikiem (bazą), a to daje realne oszczędności, rekompensujące wysoką cenę korekt. – Jeśli chodzi o Polskę, to technologia ta ma przyszłość, ale stanie się alternatywą dla sieci VRS dopiero wtedy, kiedy Trimble zapewni dokładności na poziomie 1 cm przy znacznie krótszym czasie inicjalizacji – mówi prezes NaviGate.

Tomasz Zieliński z Geotronics Dystrybucja zwraca natomiast uwagę, że z punktu widzenia polskiego geodety istotną zaletą RTX jest uniezależnienie od zasięgu sieci komórkowych. – Operatorzy nie zwiększają przepustowości łączy w miejscach, gdzie jest niewiele mieszkańców. A specyfika zawodu geodety jest taka, że pracuje on w każdym terenie, również w tym o minimalnym czy wręcz zerowym zaludnieniu. Alternatywą dla PPP jest rozstawianie własnej stacji bazowej, ale to wiąże się z koniecznością jej zakupu oraz zapewnienia zasilania i zabezpieczenia sprzętu przed kradzieżą – mówi.

– Aktualnie RT-PPP sprawdza się wszędzie tam, gdzie antena pozostaje stale w odkrytym terenie, np. na polu (w precyzyjnym rolnictwie), na obszarach morskich (np. w systemach wczesnego ostrzegania przed tsunami) czy w lotnictwie. Ten ostatni aspekt ana-



Fot. Trimble

Rys. 5. W usłudze Catalyst Trimble'a do pomiaru z użyciem techniki RT-PPP w zasadzie wystarczy dowolny smartfon lub tablet oraz niewielka zewnętrzna antena satelitarna

lizowaliśmy ostatnio wraz z kolegami z IGiG, wykorzystując UAV z zamontowaną anteną geodezyjną. Okazuje się, że rozwiązania RTK i RT-PPP różnie wyznaczają wysokość lotu, a różnice

są tym większe, im wyżej wznosi się bezzałogowiec. Teoria i praktyka wykazują, że błędne jest rozwiązanie RTK, ponieważ nie uwzględnia prawidłowo znaczących różnic wysokości pomiędzy anteną ruchomą i anteną referencyjną – mówi dr Tomasz Hadaś. Również on uważa, że RT-PPP ma obiecującą przyszłość. – Początkowo motywacją do rozwijania tej techniki było uniezależnienie się od stacji referencyjnej. Teraz, gdy sieci RTK/RTN są ogólnodostępne, w wielu wysoko rozwiniętych krajach ten problem znika. W PPP można jednak niemal całkowicie zrezygnować z lokalnej infrastruktury naziemnej (wystarczy kilkaset stacji na świecie), ograniczając koszty jej modernizacji. Do tego technika PPP, także czasu rzeczywistego, działa wszędzie, nawet na środku oceanu. Sprawdza się znakomicie w postprocessingu, często dając dokładniejszą pozycję niż techniki różnicowe, które mają swoje ograniczenia dokładnościowe ze względu na nie do końca ściśle założenia o błędach propagacji sygnału. W PPP błędy traktuje się wprost i kwestią czasu jest wyparcie RTK przez RT-PPP – prognozuje.

• Kiedy pożegnamy RTK?

O tym, że technika RT-PPP będzie szybko zyskiwać na popularności, świadczą ostatnie wydarzenia na świa-

towym rynku. Na przykład podczas tegorocznych targów Intergeo wprowadzenie własnej usługi RT-PPP ogłosiła chińska firma Hi-Target. A jak Chińczycy wchodzą w jakiś biznes, to z reguły można się spodziewać sporej obniżki cen. Na razie trwają testy tego serwisu w Chinach, a pełną operacyjność na całym świecie ma on osiągnąć w 2020 roku. Według zapewnień Hi-Target usługa Hi-RTP zaoferuje dokładność 4 cm przy czasie inicjalizacji nieprzekraczającym 3 minut.

Ważnym wydarzeniem w rozwoju techniki RT-PPP było wprowadzenie w 2016 r. przez Trimble'a usługi Catalyst, która pozwala korzystać z RTX za pomocą niemal dowolnego smartfona (rys. 5). Bazuje ona na technologii tzw. odbiornika softwarowego, co w praktyce oznacza, że do wyznaczania pozycji z dokładnością decymetrową lub centymetrową wystarczy odpowiednie oprogramowanie oraz dołączenie do naszego urządzenia mobilnego niedużej anteny satelitarnej.

Wiele wskazuje na to, że technika RT-PPP może nawet trafić pod strzechy. W sierpniu tego roku firmy Bosch, Geo++, Mitsubishi Electric oraz u-blox założyły wspólne przedsięwzięcie pod nazwą Sapcorda Services, którego celem ma być przygotowanie precyzyjnych, globalnych usług pozycjonowania GNSS dla masowego rynku. W ich ocenie możliwości obecnych rozwiązań są bowiem daleko niewystarczające. Serwis Sapcordy ma znaleźć zastosowanie przede wszystkim w motoryzacji, choć uczestnicy przedsięwzięcia podkreślają, że usługa ma mieć charakter otwarty. Będą więc mogli z niej korzystać wszyscy chętni producenci odbiorników i podzespołów czy integratorów elektroniki.

Bez wątpienia popularność techniki RT-PPP będzie szybko rosła, również w geodezji. Ale kiedy i czy w ogóle zdezonizuje ona RTK? Na razie trudno powiedzieć. Już dziś jednak warto przy zakupie geodezyjnego odbiornika satelitarnego zwracać uwagę na kompatybilność sprzętu z tego typu usługami. Nie robi to bowiem dużej różnicy w cenie, a za kilka lat może okazać się dla firmy geodezyjnej sporym atutem.

Jerzy Królikowski

PPP po wrocławsku

Duży potencjał techniki RT-PPP sprawia, że jest ona przedmiotem wielu badań, również w Polsce. Na przykład w Instytucie Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu rozwijane jest oprogramowanie WARP (Wrocław Algorithms for Real-time Positioning). Służy ono głównie do celów badawczych związanych z doskonaleniem algorytmiki pozycjonowania wielosystemowego GNSS techniką PPP. Jej twórcy zajmują się integracją systemów GPS, GLO-NASS, Galileo i BeiDou. Analizują również jakość produktów czasu rzeczywistego. – Udaje nam się skrócić czas inicjalizacji i poprawić wyznaczenie wysokości odbiornika dzięki wykorzystaniu krótkoterminowych prognoz z numerycznych modeli prognozy pogody – mówi dr Tomasz Hadaś. Aktualnie w ramach projektu EPOS-PL na bazie WARP budowany jest serwis czasu rzeczywistego do monitorowania współrzędnych stacji oraz zawartości pary wodnej w atmosferze. Ten ostatni parametr może być wykorzystywany także np. do celów meteorologicznych. Więcej o WARP: www.igig.up.wroc.pl/igig