

Co nas czeka po RTK?

W 2011 roku firma Trimble przedstawiła światu technologię RTX, która ma umożliwić pomiar z dokładnością 4 cm na całym świecie, i to bez korzystania z gęstej sieci naziemnych stacji referencyjnych. Czy to prawda? Na jakiej zasadzie działa RTX i czy warto z tej usługi korzystać?

Jacek Mucha

Użytkownicy odbiorników GNSS dobrze wiedzą, że pomiary satelitarne można prowadzić albo w czasie rzeczywistym (w trybie autonomicznym lub różnicowym), albo w postprocessingu. Najczęściej stosujemy pomiary różnicowe, korzystając przez internet z usług naziemnych stacji referencyjnych, np. ASG-EUPOS. W granicach jednego kraju takie rozwiązanie działa bardzo dobrze, ale żeby stworzyć rozwiązanie globalne, należało tę technologię zmodyfikować.

W usługach RTX wykorzystywana jest np. inna infrastruktura naziemna. Nie jest to sieć krajowych stacji referencyj-

nych, ale ogólnosiwiatowy system ponad 100 stacji śledzących satelity GPS, GLO-NASS, Galileo, BeiDou i QZSS. Gromadzone przez nie dane przekazywane są do należących do Trimble'a centrów obliczeniowych, gdzie dla każdego satelity wyznaczane są błędy orbity, przesunięcie od tej orbity oraz błędy zegara satelitarnego (rys. 1). Informacje te przesyłane są następnie do odbiorników jako poprawka w formacie CMRx. Dzięki takiemu rozwiązaniu wiemy z dużą dokładnością, gdzie w określonym momencie znajdował się dany satelita, a na tej podstawie można precyzyjnie obliczyć czas podróży sygnału i maksymalnie zniwelować wpływ opóźnienia jonosferycznego. W efekcie dysponujemy znacznie lepszym rozwiązaniem nawigacyjnym.

nazwa wskazuje, tego typu instrument odbiera sygnały nadawane w paśmie L, czyli na częstotliwościach z przedziału 1-2 GHz. Pracują na niej nie tylko satelity GNSS czy SBAS, ale również telekomunikacyjne. Antena L-Band jest jednak zdolna odbierać szerszy zakres pasma L niż ten wykorzystywany przez sygnały GNSS i SBAS. To ważne, ponieważ poprawki RTX transmitowane są przez satelity telekomunikacyjne, dla których udostępniono pasmo w przedziale 1525-1560 MHz, którego zwykle anteny GNSS nie są w stanie śledzić. Przykładowo, obszar Europy, Afryki i Bliskiego Wschodu (rys. 2) obsługuje aparat nadający sygnał RTXEA na częstotliwości 1539,9525 MHz z prędkością 600 bod (bod to liczba zmian medium transmisyjnego na sekundę).

Na obszarach, gdzie infrastruktura Trimble'a jest lepiej rozwinięta (czyli umieszczono więcej stacji śledzących), istnieje możliwość przyspieszenia inicjalizacji usług RTX w odbiorniku do 5 minut (patrz tabela na s. obok). Pozwala na to np. sygnał RTXAE (nadawany na częstotliwości 1539,8125 MHz), który jest dostępny w części Europy, w tym w zachodniej i południowej Polsce. Do korzystania z niego przystosowany jest m.in. odbiornik Spectra Precision SP60. Jeżeli jednak chcemy pracować z RTX w miejscach, gdzie nie ma pokrycia satelitarnymi poprawkami, możemy skorzystać z dostępnej sieci komórkowej.

• 4 cm – wszędzie i na pewno?

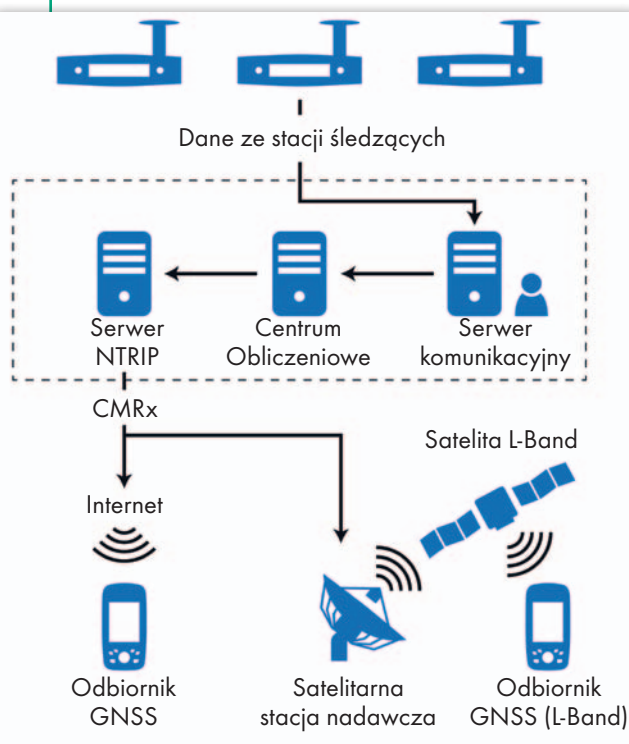
Trimble przygotował kilka usług, które bazują na technologii RTX. Różnią się przede wszystkim dokładnością pomiaru (tab. 1), przy czym do ustalenia pozycji z najwyższą dokładnością w czasie rzeczywistym wymagany jest nieco dłuższy czas inicjalizacji. Analizując te wartości, warto jednak mieć na uwadze dwie istot-

• Nie ma zasięgu? Nie ma problemu!

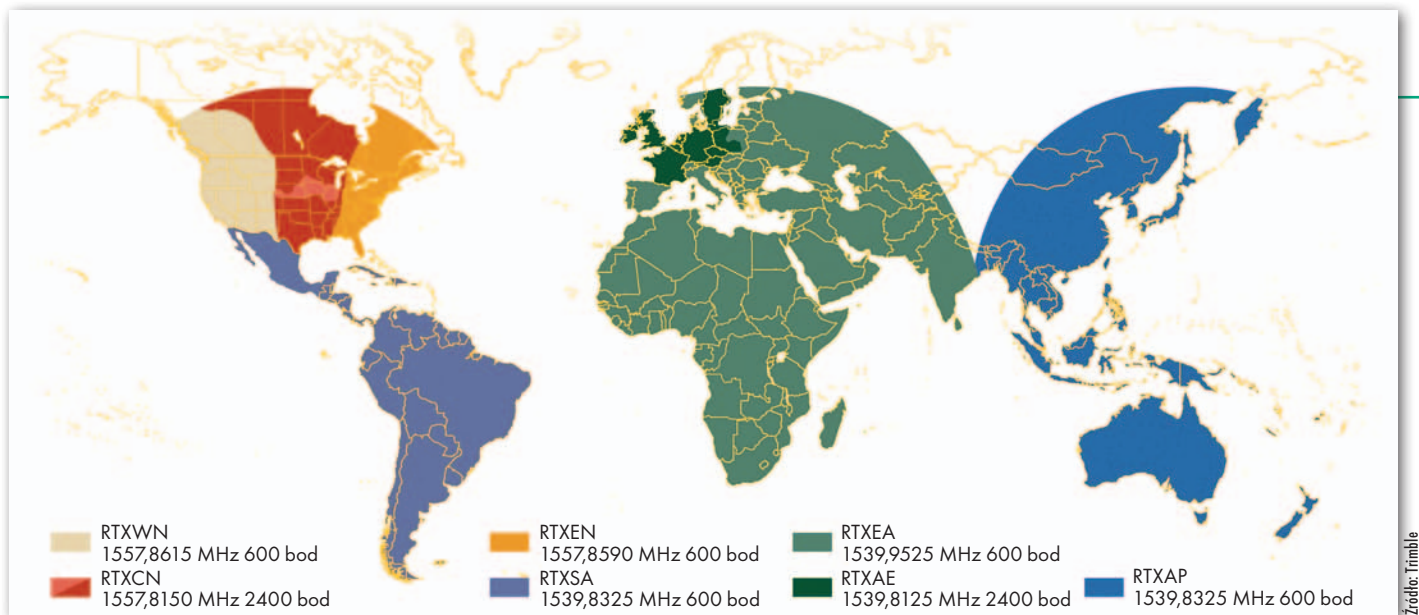
Przetworzone dane z centrów obliczeniowych Trimble'a przekazywane są w formacie CMRx do satelitów telekomunikacyjnych, a z nich do odbiorników wyposażonych w anteny L-Band. Jeżeli jednak nasz instrument nie posiada takiej anteny, możemy otrzymywać poprawki przez sieć komórkową. Podstawowym warunkiem korzystania z technologii RTX jest więc obsługa zaprojektowanego przez firmę Trimble formatu CMRx.

Główną zaletą korzystania z korekt przez antenę L-Band jest uniezależnienie się od zasięgu sieci komórkowych. Jak sama

Źródło: Leandro R. i in., 2011



Rys. 1. Schemat działania technologii Trimble RTX



Rys. 2. Mapa zasięgu poprawek RTX transmitowanych przez satelity

ne kwestie. Po pierwsze, w przypadku technologii RTX możliwy jest szybki restart odbiornika. Jeżeli od wyłączenia instrument nie zmienił swojego położenia, a do określenia ostatniej pozycji użyto RTX-a, wówczas czas inicjalizacji po włączeniu będzie bardzo krótki. Po drugie, wprowadzono zabezpieczenie przed niepożądaną ponowną inicjalizacją (*Briding feature*). Jeżeli więc odbiornik chwilowo utraci widoczność satelitów telekomunikacyjnych (np. przy wejściu pod most), zachowywane są ostatnie poprawki i nie jest rozpoczynana ponowna inicjalizacja, która mogłaby potrwać następne 30 minut. Po wznowieniu kontaktu z satelitą poprawki są przesyłane dalej.

Poza pracą w czasie rzeczywistym technologia RTX oferuje także usługę postprocessingu. Jest ona darmowa dla wszystkich użytkowników zarejestrowanych na stronie trimblertx.com i oferuje dokładność pomiaru sięgającą 2 cm w poziomie. Do skorzystania z niej wystarczy zebrać dane statyczne i wysłać je do firmy Trimble przez stronę rtx-pp.com lub przez aplikację mobilną. Wymagania dla plików są następujące:

- zapis w odbiorniku dwuczęstotliwościowym (na liście obsługiwanych są m.in. Spectra Precision: SP60, SP80, ProMark 700, Epoch 50, MobileMapper 300),
- obserwacje statyczne i prowadzone przez minimum godzinę,
- format danych zgodny ze standardem RINEX w wersji 2 lub 3 (bądź nowszej),
- maksymalna częstotliwość zapisu danych to 1 Hz.

Dane przetworzone przez firmę Trimble przesyłane są do użytkownika na adres e-mail podany przy rejestracji albo podczas wysyłania surowych obserwacji.

• Jak oni to robią?

Żeby poprawić dokładność odbiornika, potrzebna jest złożona obudowa matematyczna, która opiera się na opraco-

wanej w 1960 r. metodzie nazywanej filtrem Kalmana. Jak tłumaczy dr Jan Kędzierski (2007), „posługując się tym narzędziem, można wyznaczyć pomiarowo niedostępne zmienne jedynie na podstawie bieżących wartości (...) pomiarowo dostępnych oraz znajomości modelu matematycznego łączącego ze sobą obydwie te grupy pomiarów”. Inżynierowie Trimble'a poszli jednak krok dalej, używając bardziej dopracowanej wersji tego filtra, tzw. *UD-factorized Kalman filter* (Leandro R. i in., 2011). Dzięki jego zastosowaniu w technologii RTX można zdecydowanie dokładniej wyznaczyć błędy orbit satelitarnych, co ilustrują rys. 3 i 4.

W obliczeniach błędów orbit uwzględnia się: pozycję satelity, jego prędkość, stan troposfery, nieoznaczoność fazy fali nośnej, promieniowanie słoneczne i współczynnik spójności wszystkich tych danych. Oprócz określenia jak najdokładniejszej pozycji satelitów drugim kluczowym warunkiem działania tej technologii jest zsynchronizowanie czasu satelitów z odbiornikami. Silnik obliczeniowy uwzględnia tu: czas używany przez stacje śledzące Trimble'a, czas przetwarzania danych przez ten silnik

oraz czas, w jakim poprawka CMRx trafia do użytkownika końcowego.

W efekcie po uwzględnieniu poprawki pozycja użytkownika w czasie rzeczywistym osiąga docelową dokładność 4 cm. Warto jednak odnotować, że jest to wartość z uwzględnieniem pewnego bufora. Według badań inżynierów Trimble'a zdecydowana większość uśrednionych pozycji odbiornika jest znacznie lepsza (rys. 5). Z prawdopodobieństwem 90% dokładność pomiaru osiąga bowiem 2,1 cm, przy 98% – 2,8 cm, przy 99% zaś – 3,1 cm (Leandro R. i in., 2011). Jak widać, technologia RTX sprawdza się bardzo dobrze.

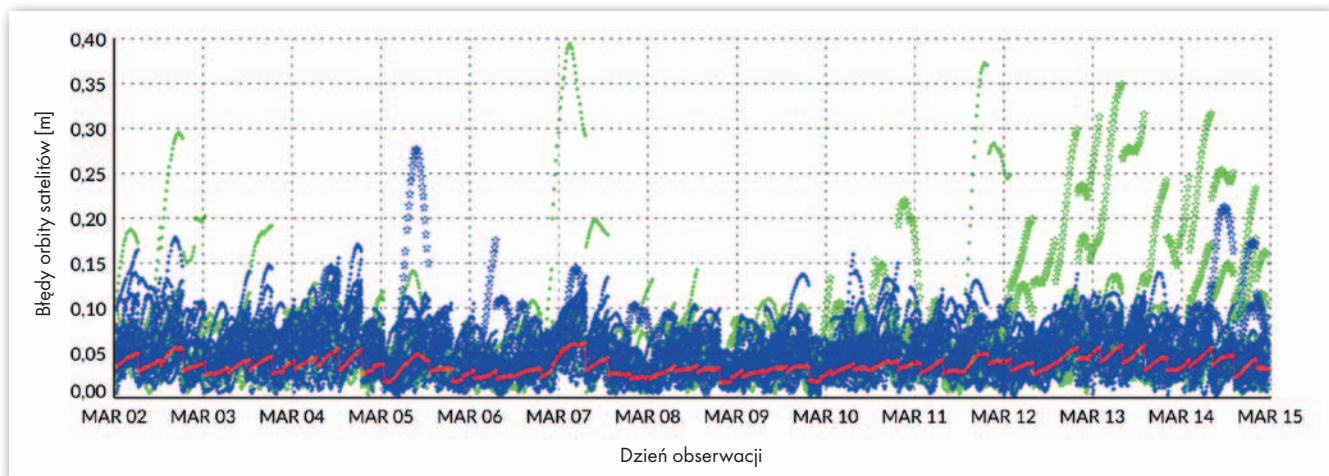
• Jak wykupić dostęp?

Nim zapłacimy za usługę RTX, warto ją przetestować. Znajac numer seryjny swojego odbiornika obsługującego technologię RTX, wchodzimy na stronę tpsdemo.trimble.com, rejestrujemy się i e-mailem otrzymujemy kod aktywacyjny. Następnie wpisujemy go jako kod opcji za pomocą odpowiedniego programu i odblokowujemy obsługę RTX w odbiorniku GNSS.

Gdy będziemy chcieli dokonać zakupu, należy wejść na tpsstore.trimble.com, wybrać interesującą nas usługę RTX oraz

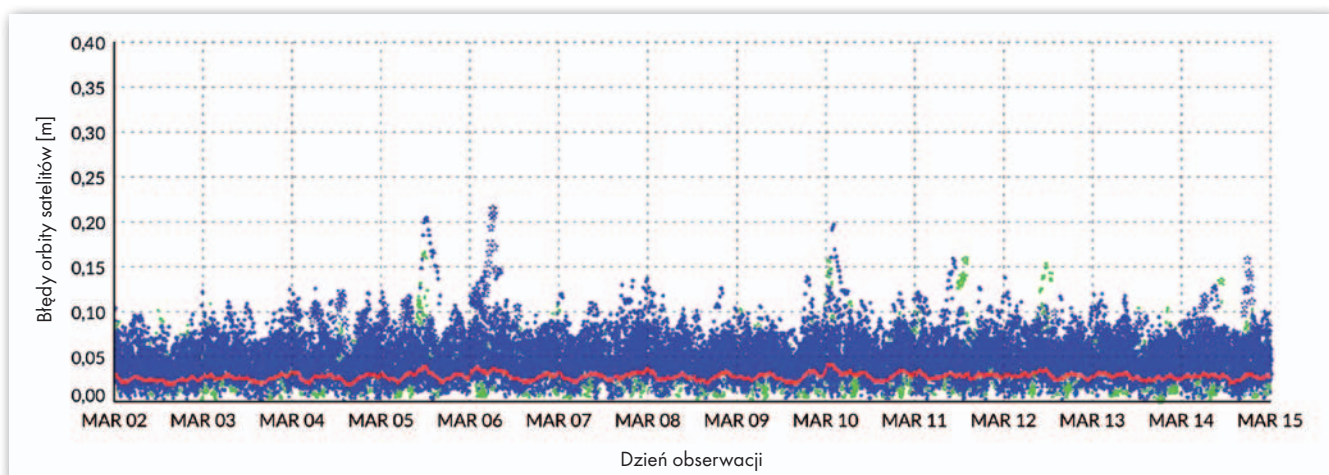
Tabela 1. Usługi korzystające z technologii Trimble RTX

Nazwa usługi	Błąd pomiaru w poziomie	Czas inicjalizacji	Sposób odbioru
Post-Processing CenterPoint RTX	< 2 cm	nie dotyczy	przez TrimbleRTX.com lub aplikację mobilną Trimble RTX
CenterPoint RTX	< 4 cm	< 30 min standardowo, < 5 min na określonym obszarze	z satelity lub przez sieć komórkową
FieldPoint RTX	< 20 cm	< 15 min standardowo, < 5 min na określonym obszarze	z satelity lub przez sieć komórkową
RangePoint RTX	< 50 cm	< 5 min	z satelity lub przez sieć komórkową
ViewPoint RTX	< 1 m	< 5 min	z satelity lub przez sieć komórkową



Rys. 3. Obserwowane błędy orbit satelitarnych w metrach

Źródło: Leandro R. i in., 2011



Rys. 4. Poprawione dane o orbitach przesyłane w czasie rzeczywistym przez Trimble RTX

Źródło: Leandro R. i in., 2011

określić, czy chcemy odbierać poprawki przez satelity, czy przez internet.

Cena dostępu do korekt RTX nie należy do najniższych, bowiem za roczną subskrypcję trzeba zapłacić 2000 euro. Istnieje jednak tańsza, 3-miesięczna subskrypcja w cenie 1200 euro. W zamian otrzymujemy niezależność od stacji referencyjnych i możliwość uzyskania centymetrowych dokładności pomiaru praktycznie w każdym miejscu na świecie – w Afryce, Ameryce Północnej i Po-

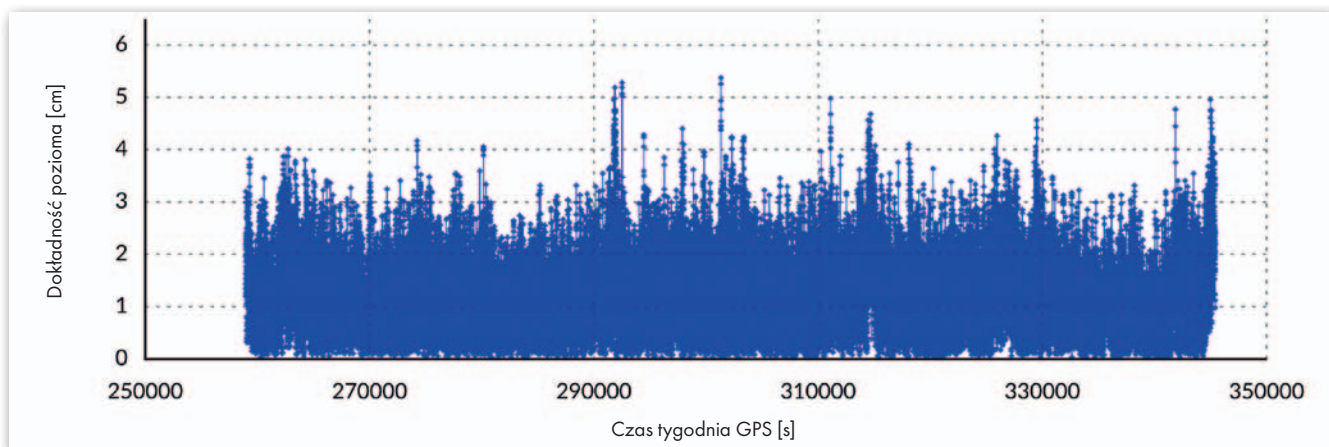
łudniowej, Australii, Azji czy Europie. Jeżeli więc nasz projekt ma być realizowany w naprawdę trudnym terenie, w którym ani nie mamy dostępu do stacji referencyjnych, ani nie posiadamy drugiego odbiornika, warto rozważyć skorzystanie z technologii Trimble RTX. Odbiorniki SpectraPrecision są już na nią gotowe. Z RTX mogą korzystać między innymi właściciele instrumentów SP60 i S80, a także odbiornika GIS-owego MobileMapper 300 z aplikacją SSpace, która

wyposażona jest w moduł do śledzenia poprawek przez sieć komórkową.

Jacek Mucha
NaviGate

Literatura:

- Kędzierski J., Filtr Kalmana – zastosowania w prostych układach sensorycznych, Koło Naukowe Robotyków KoNaR, 2007 (tnij.org/kalman_rtx).
- Leandro R. i in., RTX Positioning: The Next Generation of cm-accurate Real-Time GNSS Positioning, publikacja z 24th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation, 2011 (tnij.org/spectra_rtx)



Rys. 5. Dokładność pozioma odbiornika podczas pomiarów z RTX

Źródło: Leandro R. i in., 2011