

Nowa technologia powierzchniowych systemów RTK

# MAC W SIECI

Najnowsza wersja 3.0 standardu RTCM przechodzi obecnie fazę akceptacji w Komitecie SC104 *Radio Technical Commission for Maritime Services* (międzynarodowej Komisji Radiotechnicznej dla Służb Morskich) i testy wśród dostawców pomiarowych systemów RTK. Podstawą tego formatu będzie nowoczesna technologia MAC (Master Auxiliary Concept) przesyłania tzw. powierzchniowej poprawki RTK.

ADAM DOMAGAŁA,  
SZYMON WAJDA

Najbardziej znaczący wpływ na precyzję pomiarów GPS mają jonosfera, troposfera oraz niestabilność orbit satelitów. Błędy wywołane działaniem jonosfery mają charakter przypadkowy i są zależne od częstotliwości przechodzącego sygnału (L1, L2, L5) oraz chwilowych i lokalnych zaburzeń jej struktury. Jednocześnie parametry modelu jonosfery determinują

nieznaczność zmniejszenia wpływu odległości odbiornika ruchomego od stacji referencyjnej na dokładność wyznaczanych współrzędnych poprzez modelowanie oraz obliczanie błędów przesyłanych do odbiorników ruchomych. Poniżej postaramy się przybliżyć nowe sposoby obliczania poprawek oraz metody ich dystrybucji.

## ● MASTER AUXILIARY CONCEPT

Podstawowym zadaniem oprogramowania do obsługi powierzchniowego RTK jest zredukowanie nieoznaczo-

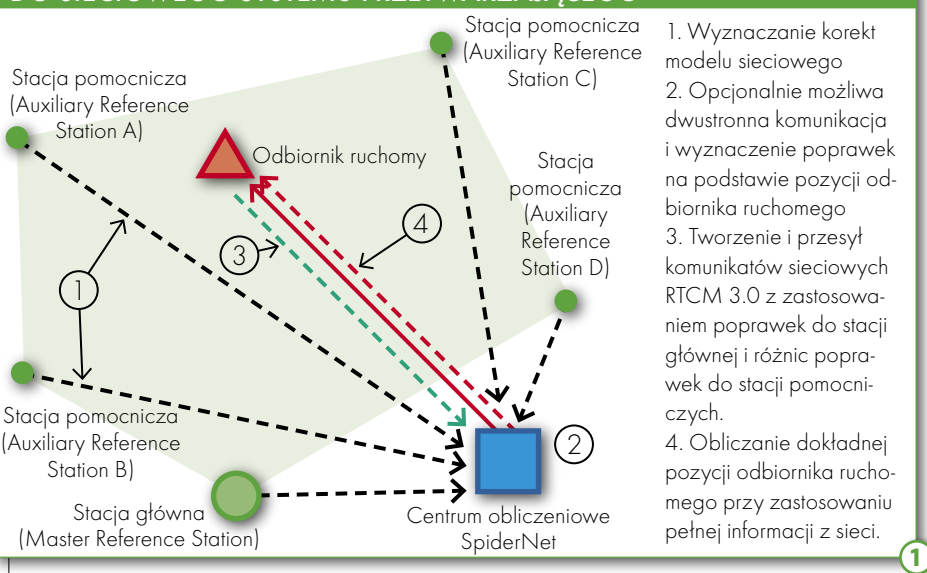
tego pełna korekta wraz ze współrzędnymi wysyłana jest tylko dla stacji głównej (Master Reference Station). Dla pozostałych stacji w sieci (nazywanych pomocniczymi – Auxiliary Reference Station) transmitowane są różnice poprawek i różnice współrzędnych obliczane pomiędzy stacją główną i każdą ze stacji pomocniczych (rys. 1). Dzięki temu przesyłane są wiadomości o mniejszej objętości. W następnym kroku ilość danych zredukowana jest przez rozdzielanie poprawek ze względu na błędy systematyczne i przypadkowe. Parametry troposfery i orbit zmieniają się na tyle powoli, że nie ma potrzeby generowania poprawki tak często, jak w przypadku korekcji jonosferycznej, co powoduje kolejne zmniejszenie ilości przesyłanych danych.

Dokumentacja aktualnych rozwiązań powierzchniowych jest niejawną, a każdy producent stosuje w nich własną filozofię. W rezultacie nie wszystkie informacje o błędach są dostarczane do odbiornika ruchomego, co uniemożliwia zastosowanie odpowiedniej techniki przetwarzania danych (algorytmy, modele, interpolacja) w konkretnym zadaniu. Fakt, że transmitowane są informacje stanowiące rozwiązanie „własne” jakiejś firmy oznacza, że poprawki nie są standardowe, a zatem do pełnego wykorzystania tylko w odbiornikach ruchomych szczególnego producenta. Technologia MAC jest – jak na razie – jedynym w pełni udokumentowanym i jawnym systemem dystrybucji poprawek powierzchniowych.

## ● GPS SpiderNet

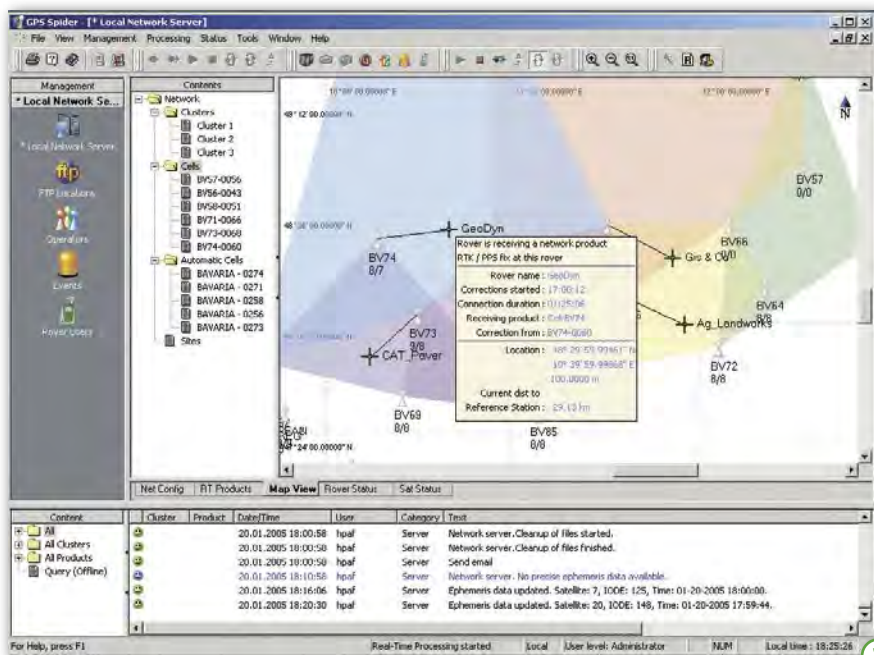
Narzędziem wykorzystującym nową technologię MAC jest oprogramowanie GPS SpiderNet firmy Leica (rys. 2). Służy ono do zarządzania zarówno niewielkimi lokalnymi sieciami, jak i rozwiązaniami wielkoobszarowymi. Aplikacja ta pozwala na generowanie i wysyłanie poprawki o nazwie MAX w formacie RTCM 3.0 stworzonej według idei MAC. Dla odbiorników starszej generacji, które nie potrafią zinterpretować komunikatów RTCM 3.0, SpiderNet generuje specjalną poprawkę nazwaną i-MAX wysyłaną w formatach RTCM 2.x, Leica, CMR i CMR+. Po ustaleniu pozycji odbiornika ruchomego system

## TRANSMISJA SUROWYCH OBSERWACJI ZE STACJI REFERENCYJNYCH DO SIECIOWEGO SYSTEMU PRZETWARZAJĄCEGO



odpowiednie zagęszczenie sieci stacji referencyjnych. Błędy troposfery oraz orbit satelitów nie są związane z częstotliwością i mają jednakowy wpływ na obecnie używane (oraz wprowadzane) sygnały. W związku z tym należy je zaliczyć do grupy błędów systematycznych. Powodem, dla którego tworzy się powierzchniowe systemy RTK, jest ko-

ności fazowych dla każdej stacji w sieci (lub podsieci) do jednorodnego poziomu oraz obliczenie błędów systematycznych i przypadkowych dla każdej częstotliwości. MAC pozwala odbiornikowi ruchomemu prosto i wydajnie obliczać interpolację poprawki sieciowej. Docelowo technologia ta ma zmniejszyć ilość przesyłanych poprawek sieciowych. Dla-



Sieć taka – w przeciwieństwie do konstrukcji w kształcie trójkąta równobocznego – umożliwia dowolne przemieszczanie odbiornika ruchomego pomiędzy komórkami z minimalnym ryzykiem wyjścia poza obszar zasięgu sieci. Podczas pracy wykorzystywana jest komunikacja jednostronna – do odbiornika ruchomego przesyłana jest korekta powierzchniowa. Możliwa jest również komunikacja dwustronna z wykorzystaniem pozycji odbiornika ruchomego. W takim przypadku system wybiera 6 najbliższych stacji dla stworzenia „indywidualnej” komórki wokół niego. Stacją główną będzie wtedy odbiornik znajdujący się najbliżej instrumentu ruchomego lub ten, który najdokładniej wyznacza swoje położenie.

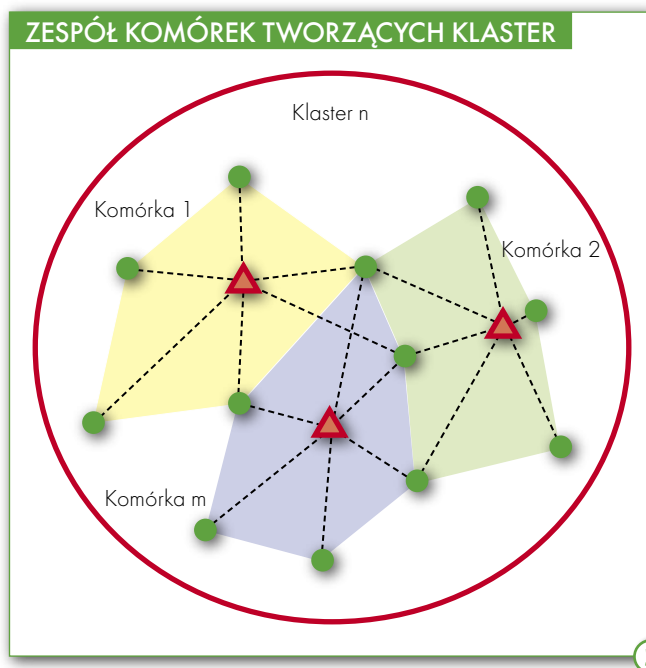
## • IDZIE NOWE

Technologia Master Auxiliary Concept jest podstawą nowego formatu RTCM 3.0 przesyłania poprawek RTK/DGPS. MAC to także nowej generacji sposób obliczania i dystrybuowania korekt powierzchniowych RTK (MAX oraz i-MAX) do odbiorników ruchomych, które otrzymują nie tylko poprawki do współrzędnych, ale również pełne informacje o błędach pomiarowych oraz wywołanych oddziaływaniem jonosfery i troposfery. Dzięki temu oprogramowanie w odbiorniku może w optymalny sposób wykorzystać do obliczenia swojej pozycji dane przesłane ze stacji referencyjnej. Jedną z aplikacji zoptymalizowanych do współpracy z technologią Master Auxiliary Concept jest opisana tu GPS SpiderNet firmy Leica Geosystems.

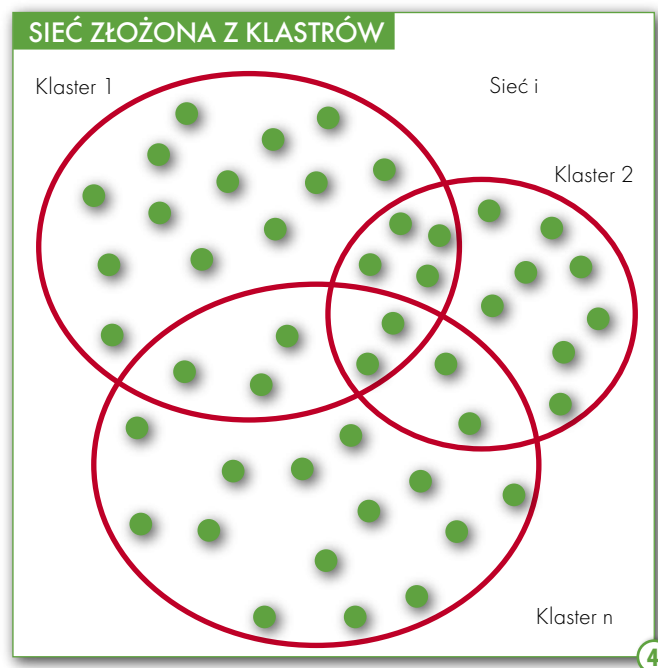
tworzy indywidualną komórkę z 6 stacji (patrz następny podrozdział), dobierając najlepszą jej geometrię. Następnie, już z wykorzystaniem technologii MAC, interpolowane są błędy, a korekta wysyłana jest do odbiornika ruchomego poprzez GSM/GPRS. i-MAX jest więc w praktyce rozwiązaniem podobnym do technologii stosowanej przy poprawkach powierzchniowych VRS (Virtual Reference Station), z tą jednak różnicą, że korekta docierająca do odbiornika ruchomego wyliczana jest na podstawie najbliższej rzeczywiście (nie wirtualnej) stacji referencyjnej. Poprawka i-MAX jest kompatybilna z większością starszych odbiorników GPS.

## • SIEĆ STACJI REFERENCYJNYCH

Konstrukcja sieci w SpiderNet oparta jest na geometrycznej, modułowej budowie, gdzie stacje referencyjne tworzą tzw. klastry oraz komórki. Klaster (rys. 3) złożony jest z podsieci stacji referencyjnych, w której pseudoodległości zredukowane są do wspólnego poziomu nieoznaczoności. Przy mniejszej liczbie stacji referencyjnych całą sieć może tworzyć jeden klaster. W rozwiązaniach wielkoobszarowych sieć może składać się z dowolnej liczby klastrów (rys. 4). Komórka jest elementem składowym klastra i tworzy ją jedna stacja główna oraz 6-8 stacji pomocniczych (150-200 km pokrycia).



3



4