

Jacek Kudrys*

TRANSMISJA POPRAWEK DO OBSERWACJI W TRYBIE RTK GPS Z WYKORZYSTANIEM PROTOKOŁU NTRIP**

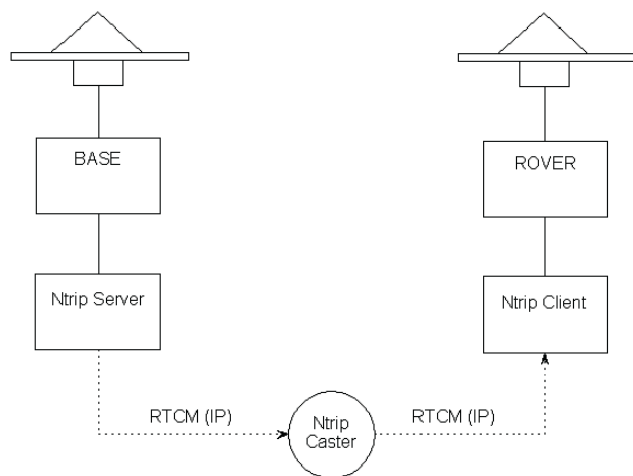
1. Wprowadzenie

Protokół Ntrip (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) jest jedną z aktualnie rozwijanych technologii umożliwiających rozszerzenie zakresu wykorzystania pomiarów GNSS (*Global Navigation Satellite System*) w pracach geodezyjnych. Od stycznia 2005 r. na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH uruchomione jest oprogramowanie Ntrip Broadcaster, które umożliwia, za pośrednictwem Internetu przesyłanie i odbiór, na bieżąco dowolnych danych. Broadcaster rozsyła dane pochodzące np. ze stacji bazowych GNSS („źródła”) do wielu równocześnie pracujących odbiorników ruchomych („klientów”). Ntrip Broadcaster nie wprowadza żadnych zmian w przesyłanych danych i w związku z tym zapewnia transmisję dowolnych informacji niezależnie od ich formatu. W szczególności program ten może być wykorzystywany do przesyłania danych pochodzących z odbiorników GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, EGNOS itp.) np.: poprawki do obserwacji DGPS, RTK, binarnych danych obserwacyjnych (*raw data*), obserwacji w formacie RINEX, współrzędnych satelitów w formacie SP3. W konfiguracji pracującej na Wydziale GGiŚ Ntrip Broadcaster (Broadcaster AGH) służy głównie do transmitowania poprawek DGPS i RTK ze stacji permanentnych GPS pracujących na terenie kraju.

Technologia przesyłania danych z zastosowaniem protokołu Ntrip wykorzystuje zestaw współpracujących ze sobą trzech aplikacji: Ntrip Client, Ntrip Server i Ntrip Broadcaster, zapewniających właściwą wzajemną komunikację [1, 2]. Bazowy odbiornik satelitarny pracujący w trybie DGPS/RTK przesyła poprawki obserwacyjne do Ntrip Broadcastera za pośrednictwem aplikacji Ntrip Server, którą można uruchomić na komputerze typu PC, palmtopie czy telefonie komórkowym. Z kolei poprawki te za pośrednictwem Ntrip Broadcastera odbierane są przez ruchomy odbiornik sygnałów satelitarnych współpracujący z aplikacją Ntrip Client, którą również można uruchomić na przenośnym sprzęcie komputerowym lub w telefonie komórkowym (rys. 1). Nowoczesne odbiorniki GNSS mają możliwość wysyłania i odbierania poprawek w standardzie Ntrip.

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

** Praca wykonana w ramach badań statutowych nr 11.11.150.478



Rys. 1. Konfiguracja odbiorników GNSS do przesyłania danych z wykorzystaniem protokołu Ntrip

Aplikacje zapewniające komunikację z Broadcasterem są w takim wypadku uruchamiane z poziomu odbiornika bez potrzeby wykorzystywania urządzeń zewnętrznych (PC, palmtop itp.). Dzięki temu za pośrednictwem Internetu możliwe jest przysyłanie poprawek DGPS/RTK do odbiorcy z pominięciem sieci radiowej. Uwalnia nas to od konieczności korzystania z radiomodemów oraz właściwie pozwala na pracę odbiornika ruchomego w dowolnej, nieograniczonej zasięgiem nadajnika radiowego odległości od odbiornika bazowego. Aktualnie za pośrednictwem Broadcastera AGH możliwe jest odbieranie poprawek DGPS i RTK ze stacji permanentnej KRAW pracującej w ramach projektu EUREF-IP. Ponadto szereg użytkowników wykorzystuje Ntrip Broadcastera AGH do celów badawczych oraz produkcyjnych. Wykorzystywany jest także przez producentów oprogramowania stosującego protokół Ntrip do przesyłania danych.

Więcej informacji na temat technologii przesyłania danych z wykorzystaniem protokołu Ntrip można znaleźć na stronach internetowych <http://igs.ifag.de>.

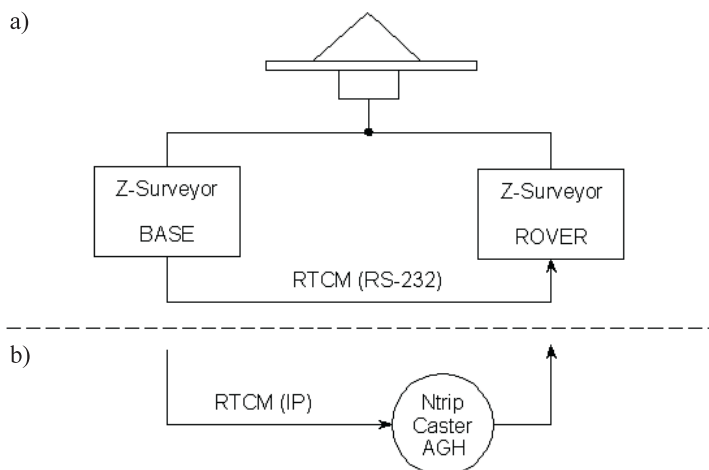
2. Pomiary RTK z wykorzystaniem protokołu Ntrip

Poprawki RTK transmitowane ze stacji KRAW są, oprócz Broadcastera AGH, rozsyłane także za pośrednictwem Broadcastera BKG we Frankfurcie nad Menem. Stwarza to możliwość porównania wpływu czasu propagacji poprawek na dokładność wyznaczenia pozycji w przypadku korzystania z transmisji internetowej poprawek.

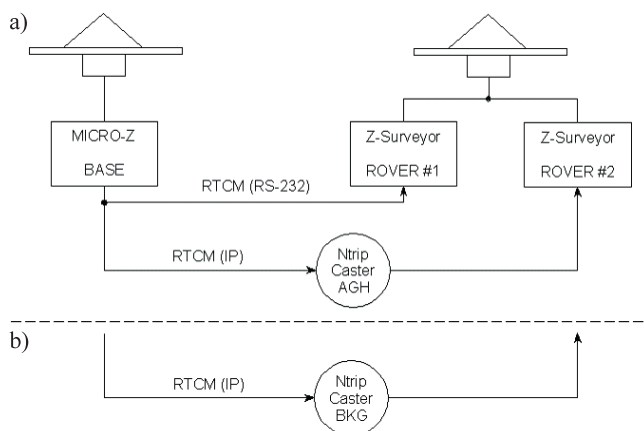
W dniach od 01.09.2005 do 12.09.2005 i od 14.12.2005 do 14.01.2006 na dachu budynku Wydziału GGiIŚ AGH przeprowadzone zostały testy pomiarowe z wykorzystaniem stacji permanentnej KRAW z odbiornikiem Ashtech UZ-12 (MicroZ) i anteną ASH701945C_M SNOW oraz dwóch odbiorników Ashtech UZ-12 (Z-Surveyor) z anteną ASH701008.01. Przesyłanie poprawek RTK w różnych wariantach testu zrealizowano z wykorzystaniem

kabla szeregowego RS-232, Broadcastera AGH i BKG (rys. 2 i 3). W każdym z testów rejestrowane były współrzędne geodezyjne φ , λ , h z pomiarów w trybie RTK prowadzonych przez kilka (minimum 2) dni. Obserwacje były wykonywane z jednosekundowym interwałem pomiarowym, a satelity obserwowano od zerowej wysokości horyzontalnej. W pracy przedstawiono przykładowe reprezentatywne rezultaty uzyskane w trakcie prowadzenia testów.

Pierwszy z testów – test na bazie o zerowej długości – pozwala na określenie wielkości zmian współrzędnych spowodowanych tylko pracą odbiornika (szumy, realizacja wbudowanych algorytmów obliczeniowych) oraz opóźnieniem docierającej poprawki do obserwacji w trybie RTK.



Rys. 2. Schemat pomiaru na bazie o zerowej długości z wykorzystaniem kabla szeregowego (a) i Broadcastera AGH (b) do transmisji poprawek



Rys. 3. Schemat pomiaru testowego z wykorzystaniem kabla szeregowego i Broadcastera AGH (a) oraz Broadcastera BKG (b) do transmisji poprawek

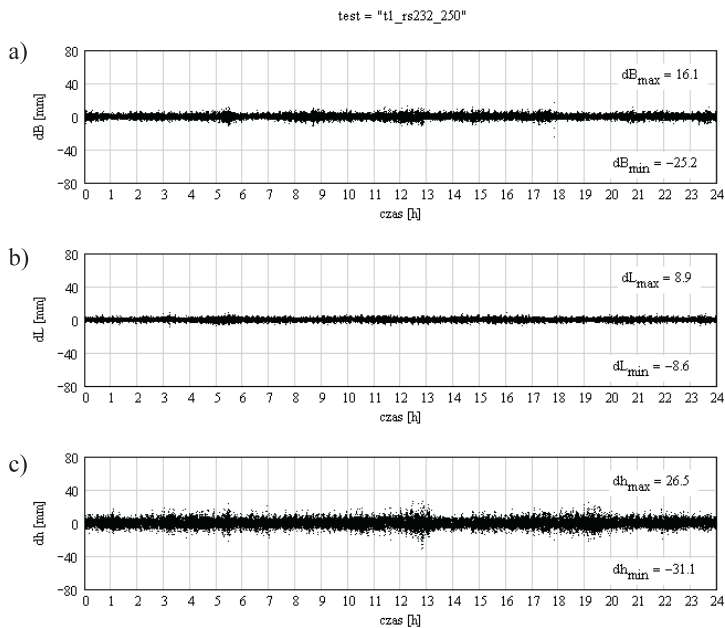
Baza o zerowej długości pozwala na uwolnienie się od wpływów czynników zewnętrznych, tj. refrakcji jonosferycznej i troposferycznej, wielotorowości sygnałów, a także w pewnym stopniu wpływu konfiguracji satelitów. Transmisja danych za pośrednictwem kabla szeregowego RS-232 łączącego bezpośrednio odbiornik bazowy z ruchomym powoduje najmniejsze z możliwych opóźnienia poprawek zależne tylko od długości kabla. Mając to na uwadze, pomiar na bazie o zerowej długości z wykorzystaniem kabla szeregowego do transmisji poprawek przyjęto za wzorcowy (rys. 2a). Do pomiarów wykorzystano dwa odbiorniki firmy Ashtech UZ-12 (Z-Surveyor) podłączone do wspólnej anteny typu ASH701008.01B. W drugiej wersji testu na bazie o zerowej długości (rys. 2b) do transmisji poprawek RTK wykorzystano Ntrip Broadcaster AGH.

Kolejne pomiary testowe wykonano z wykorzystaniem poprawek generowanych przez odbiornik pracujący na stacji KRAW (Ashtech UZ-12 MicroZ z anteną ASH701945C_M SNOW). Podobnie jak w przypadku poprzedniego testu poprawki RTK transmitowano za pośrednictwem kabla szeregowego bezpośrednio łączącego oba odbiorniki, a także z wykorzystaniem transmisji internetowej przez Broadcaster AGH (rys. 3a) i dla porównania Broadcaster BKG (rys. 3b). W tym teście jako odbiornik ruchomy wykorzystano urządzenie firmy Ashtech typu UZ-12 (Z-Surveyor) z anteną ASH701008.01B.

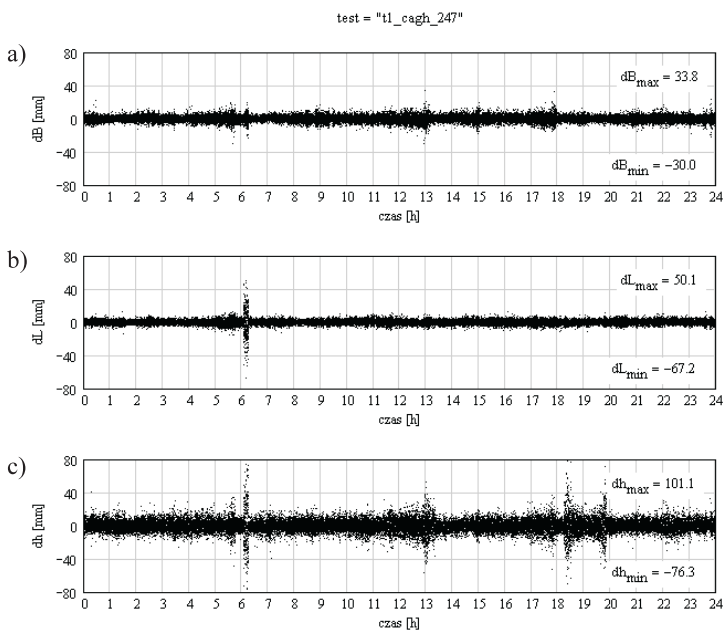
Na rysunkach 4–8 przedstawiono zmiany zarejestrowanych w trybie RTK współrzędnych odbiornika ruchomego w czasie przykładowego jednodobowego pomiaru, w różnych wariantach testu. Na rysunkach tych wartości współrzędnych odniesione są do ich wartości średnich. Ponadto podane są maksymalne i minimalne zarejestrowane wartości poszczególnych współrzędnych.

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki pomiaru na bazie o zerowej długości z wykorzystaniem transmisji poprawek przez kabel szeregowy. Odchylenie standardowe współrzędnych wynosi 2,2 mm, 1,5 mm i 4,2 mm odpowiednio dla składowej $d\varphi$, $d\lambda$ i dh . Na rysunku 5 przedstawiono zmiany współrzędnych uzyskane w wyniku pomiaru z wykorzystaniem Broadcastera AGH. Widać tutaj wyraźnie wzrost poziomu zmian wszystkich trzech współrzędnych. Podobnie jak w poprzednim wariantcie tego testu, zmiany współrzędnych mają charakter przypadkowy. Odchylenia standardowe poszczególnych współrzędnych są prawie dwukrotnie większe i wynoszą: $\sigma_\varphi = 3,5$ mm, $\sigma_\lambda = 2,8$ mm i $\sigma_h = 7,6$ mm. Wzrost wartości odchylenia standardowego, a tym samym – poziomu szumów, wynika z opóźnienia spowodowanego transmisją poprawki przez Internet. Należy zwrócić uwagę, że oprócz momentów o wyraźnie zwiększonym poziomie szumów (np. ok. godz. 6) wartość współrzędnych φ i λ nie różni się o więcej niż 20 mm od wartości średniej. Przypadki chwilowego zwiększonego poziomu fluktuacji współrzędnych występują głównie w momentach niekorzystnej konfiguracji satelitów ($PDOP > 3$).

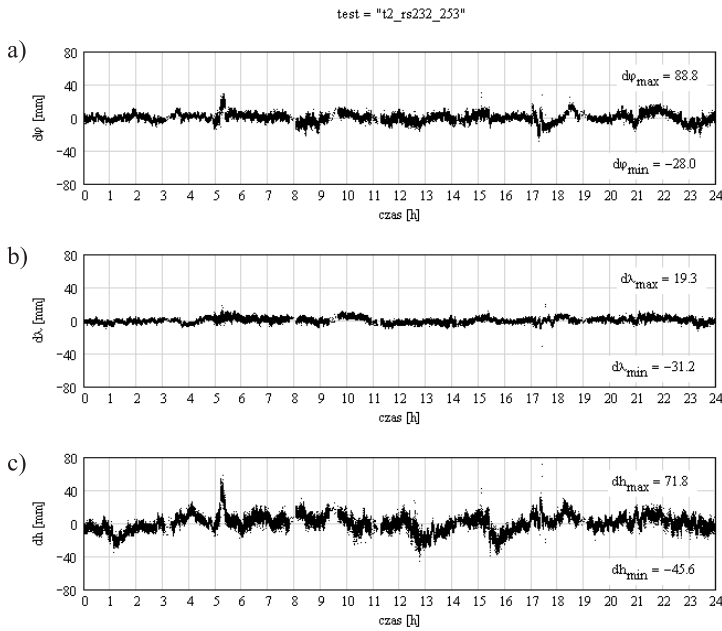
W przypadku testu pomiarowego wykorzystującego stację KRAW jako odbiornik bazowy i odbiornik ruchomy oddalony o ok. 17 m wyraźnie widać charakterystyczne okresowe zmiany współrzędnych. W tym przypadku, przy stosunkowo krótkiej bazie pomiarowej, są one wynikiem zwłaszcza wpływu konfiguracji satelitów i wielotorowości sygnału na rozwiązanie wektora, a w znacznie mniejszym stopniu związane z błędami spowodowanymi wpływem jonosfery i troposfery.



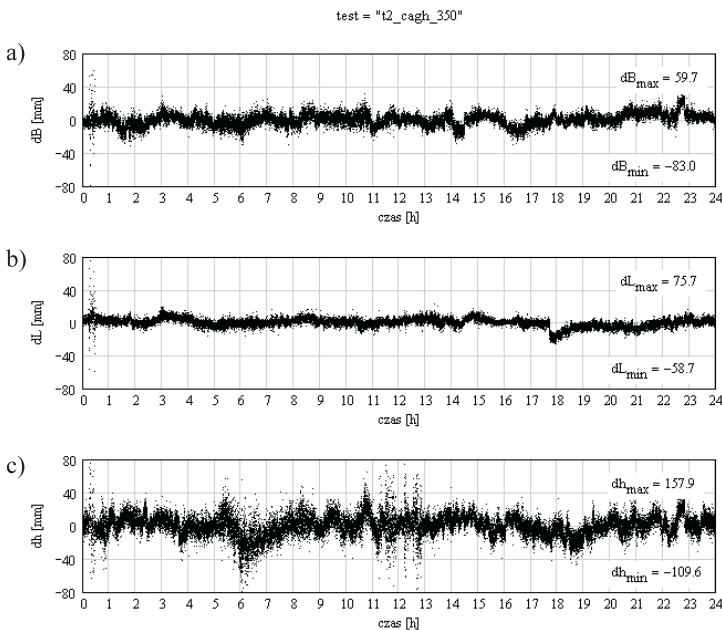
Rys. 4. Współrzędne φ (a), λ (b) i h (c) otrzymane w wyniku pomiaru na bazie o zerowej długości z wykorzystaniem transmisji poprawek za pośrednictwem kabla szeregowego



Rys. 5. Współrzędne φ (a), λ (b) i h (c) otrzymane w wyniku pomiaru na bazie o zerowej długości z wykorzystaniem transmisji poprawek za pośrednictwem Broadcastera AGH



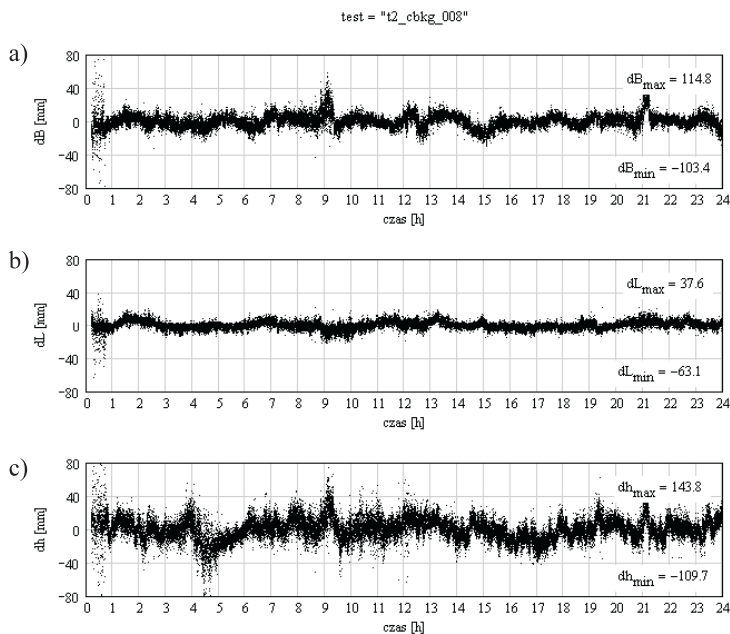
Rys. 6. Współrzędne φ (a), λ (b) i h (c) otrzymane w wyniku pomiaru testowego z wykorzystaniem transmisji poprawek za pośrednictwem kabla szeregowego



Rys. 7. Współrzędne φ (a), λ (b) i h (c) otrzymane w wyniku pomiaru testowego z wykorzystaniem transmisji poprawek za pośrednictwem Broadcastera AGH

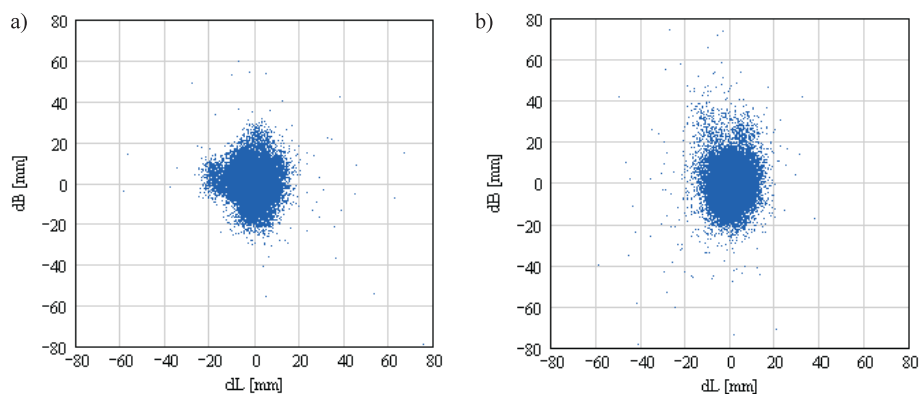
Na rysunku 6 przedstawione są zmiany współrzędnych uzyskane w trakcie pomiaru z wykorzystaniem kabla szeregowego. Odchylenia standardowe w tym przypadku wynoszą: $\sigma_\phi = 5,3$ mm, $\sigma_\lambda = 3,1$ mm i $\sigma_h = 9,7$ mm, lecz wartości te odzwierciedlają nie tylko poziom szumów, jak to było w przypadku testu na bazie o zerowej długości, ale także poziom okresowych fluktuacji współrzędnych. Na wykresie przedstawionym na rysunku 6 można zauważyć wyraźne przerwy w szeregu czasowym współrzędnych. Spowodowane są one prawdopodobnie zbyt szybką transmisją poprawek za pośrednictwem kabla RS, w związku z czym oprogramowanie odbiornika momentami nie potrafiło poradzić sobie z przetworzeniem docierających danych.

Rysunki 7 i 8 przedstawiają wyniki testu z wykorzystaniem Broadcastera AGH i BKG do przesyłania poprawek. W obu przypadkach wzrasta poziom szumów w stosunku do wariantu testu z kablem RS, natomiast nie ma zauważalnej różnicy między rozwiązaniami pochodzącymi z obu Broadcasterów. Odchylenia standardowe dla tych testów wynoszą: $\sigma_\phi = 7,3$ mm, $\sigma_\lambda = 5,5$ mm i $\sigma_h = 12,5$ mm dla Broadcastera AGH oraz: $\sigma_\phi = 8,0$ mm, $\sigma_\lambda = 5,1$ mm i $\sigma_h = 13,4$ mm dla Broadcastera BKG.



Rys. 8. Współrzędne ϕ (a), λ (b) i h (c) otrzymane w wyniku pomiaru testowego wykorzystaniem transmisji poprawek za pośrednictwem Broadcastera BKG

Na rysunku 9 przedstawiono rozrzut współrzędnych ϕ i λ z doby pomiaru z wykorzystaniem Broadcastera AGH i BKG.



Rys. 9. Rozrzut przykładowych współrzędnych poziomych z pomiaru testowego z wykorzystaniem Broadcastera AGH (a) i Broadcastera BKG (b)

3. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych pomiarów testowych z wykorzystaniem transmisji internetowej poprawek do obserwacji w trybie RTK nie zauważono znaczącej różnicy w dokładności wyznaczenia współrzędnych w zależności od wykorzystywanego Broadcastera. Zarówno w przypadku Broadcastera pracującego na Wydziale GGiIŚ, do którego dostęp w trakcie testów realizowany był poprzez sieć lokalną AGH, jak i Broadcastera BKG zlokalizowanego we Frankfurcie nad Menem otrzymane wyniki były podobne.

Literatura

- [1] Gebhard H., Weber G.: *Ntrip, Version 1.0, Design – Protocol – Software, Part I i II*. Frankfurt, Germany, Published by Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG), April 4, 2003
- [2] Gebhard H., Weber G., Dettmering D.: *Ntrip, Version 1.0, Example Implementation*. Frankfurt, Germany, Published by Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG), July 8, 2004
- [3] Adres internetowy Broadcastera BKG: www.euref-ip.net
- [4] Adres internetowy Broadcastera AGH: gps1.geod.agh.edu.pl