

Andrzej Uznański*

Transmisja danych w pomiarach RTK GPS Systemem GPS 500**

1. Wstęp

W pomiarach kinematycznych w czasie rzeczywistym (RTK GPS) warunkiem niezbędnym wyznaczenia dokładnych współrzędnych punktu jest transmisja danych. Może się ona odbywać między stacjami referencyjnymi, między stacją referencyjną i odbiornikiem ruchomym oraz między odbiornikiem GPS, niezależnie od roli, jaką spełnia w pomiarze (odbiornik referencyjny lub ruchomy), a urządzeniem zewnętrznym.

Dane GNSS (*Global Navigation Satellite System*) mogą być transmitowane bezprzewodowo lub za pośrednictwem przewodów łączących komunikujące się urządzenia. Ze względu na źródło pochodzenia transmitowane dane można podzielić na dane ze stacji referencyjnej (obserwacje satelitarne lub ich korekcje) oraz dane z innych urządzeń wspomagających wyznaczanie pozycji punktów, które są np. niedostępne dla anteny GPS.

Przedstawione zostaną zagadnienia dotyczące transmisji danych ze stacji referencyjnej, które są konieczne do wyznaczenia pozycji w pomiarze RTK GPS oraz transmisji danych z dalmierza laserowego, wspomagającego wyznaczanie pozycji przez odbiornik GPS. Szczegóły prezentowanych rozwiązań będą dotyczyły odbiornika SR530 firmy Leica. Jednakże w ogólności będą one istotne niezależnie od producenta sprzętu GPS.

2. Protokoły transmisji danych RTK z odbiorników GPS

Protokoły transmisji danych GNSS w czasie rzeczywistym można podzielić na protokoły odbiorników satelitarnych i protokoły internetowe (Ntrip, RTIGS). W przypadku odbiorników GPS wykorzystany może być protokół RTCM (*Radio*

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

** Praca wykonana w ramach badań statutowych, umowa nr 11.11.150.312

Technical Commission for Maritime Services) dostępny w każdym odbiorniku satelitar-nym oraz protokoły specyficzne dla danego producenta, które czasem są także im-plementowane u innych producentów. Formaty transmisji danych tworzone przez producentów odbiorników GPS są zazwyczaj binarne. W odbiorniku GPS SR530 oprócz różnych wersji i wariantów formatu RTCM dostępne są także formaty LB2 (*Leica Binary 2* – Leica) oraz CMR, CMR+ (*Compact Measurement Record* – Trimble). Inni producenci stosują formaty: MBEN/PBEN, DBEN (Ashtech), ConanBinary, Tur-boBinary (AOA), JPS (Javad), TPS (Topcon), SOC (JPL). Niektórzy producenci stosują różne formaty w zależności od typu odbiornika i jego przeznaczenia (Trimble: RT17, TSIP).

W przypadku formatu RTCM istnieje kilka wersji, które są nadal wykorzysty-wane w PDGPS:

- v. 2.0 z 1990 r. m.in. z wiadomościami 1, 2, 3 dla DGPS;
- v. 2.1 z 1993 r. poszerzona o wiadomości 18–21 dla PDGPS;
- v. 2.2 z 1998 r. rozszerzenie standardu dla satelitów GLONASS;
- v. 2.3 z 2001 r. z wiadomościami 23 (definicja typu anteny) i 24 (def. *Antenna Reference Point*);
- v. 3.0 z dużymi zmianami dla zastosowań Network RTK.

Z porównania szerokości pasm transmisji danych wynika, że w obecnie najefektywniejszym rozwiązaniem jest protokół RTCM w wersji 3.0 (129 b/s dla rozsze-rzonej wiadomości 1004). Dla porównania, w protokole RTCM v. 2.3 z wiadomości-ciami 18 i 19 szerokość pasma wynosi aż 354 b/s. W przypadku protokołu Trimble CMR+ jest to 134 b/s, a protokołu Leica LB2 – 193 b/s [4].

Istnieje też kilka odmian formatu RTCM [1]: RTCM++ (zawiera definicję wia-domości 59 dla parametrów FKP [x1]), RTCM AdV (*Arbeitsgemeinschaft der Vermes-sungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland* dla niemieckiej sieci SAPOS), RTCM AdV FKP, RTCM – RSIM (*Reference Station Integrity Monitoring*, RASANT (RTCM v. 2.0 z wykorzystaniem *Radio Data System*).

3. Dane transmitowane w pomiarach RTK

Podstawowe dane transmitowane ze stacji referencyjnej i umożliwiające rucho-memu odbiornikowi GPS precyzyjne wyznaczenie pozycji, mogą zawierać obser-wacje w ich oryginalnej postaci wygenerowanej przez odbiornik na stacji referen-cyjnej, obserwacje wyznaczone dla wirtualnej stacji referencyjnej lub korekcje do obserwacji odbiornika ruchomego. Ponadto w przypadku Single RTK [5] zawsze transmitowane są współrzędne punktu referencyjnego. Sposób obliczenia korek-cji do obserwacji ruchomego odbiornika GPS będzie zależał od zastosowanej me-tody wyznaczenia pozycji punktu (*Single-Reference RTK* i *Multi-Reference RTK* lub

Network RTK [5]). Wartości korekcji w ogólnodostępnym formacie RTCM definiują zależności [2]:

$$\text{corr}_\phi = (r - b_{SV} \cdot c + b_{base} \cdot c) / \lambda - \phi - A \quad (\text{wiadomość 20}) \quad (1)$$

$$\text{corr}_\rho = r - b_{SV} \cdot c + b_{base} \cdot c - \rho \quad (\text{wiadomość 21}) \quad (2)$$

gdzie: r – odległość między stacją referencyjną i satelitą, obliczona z wykorzystaniem współrzędnych stacji,

b_{SV} , b_{base} – odpowiednio offset zegara satelity i estymowany offset zegara odbiornika referencyjnego,

c , λ – odpowiednio prędkość światła i długość fali nośnej L_1 lub L_2 ,

ϕ , ρ – odpowiednio faza fali nośnej i pseudoodległość,

A – wartość parametru niejednoznaczności przyjęta tak, aby wartości korekcji były małe.

W przypadku *Network RTK* i wykorzystywania parametrów FKP wzory definiujące korekcje zostały przedstawione w [5].

Poniżej wymieniono zalety transmisji ze stacji referencyjnej tylko korekcji:

- transmitowanych jest mniej bitów danych;
- wartości korekcji nie są tak bardzo zmienne w czasie jak oryginalne obserwacje;
- metoda może być bardziej efektywna, gdyż część obliczeń zostaje wykonana przez odbiornik referencyjny odciążając odbiornik ruchomy;
- współrzędne stacji referencyjnej nie są wykorzystywane w obliczeniu pozycji odbiornika ruchomego, a ich dokładność z wiadomości 3 formatu RTCM wynosi tylko 1 cm.

Zasadniczą wadą transmisji danych tylko w postaci korekcji do obserwacji odbiornika ruchomego są duże błędy wynikające z możliwości użycia różnych efemeryd przez obydwa odbiorniki w momencie uaktualniania efemeryd.

4. Szeregową transmisja asynchroniczna

Oprócz ustalenia wspólnego dla komunikujących się urządzeń formatu danych muszą zostać uzgodnione parametry transmisji tych danych. W odbiornikach GPS aktualnie nadal najczęstszym sposobem komunikowania się z urządzeniami zewnętrznymi jest asynchroniczna transmisja szeregową wg standardu RS232C w trybie półdupleksowym [6].

W odbiorniku SR530 do transmisji danych przewidziano trzy porty. Jeden z nich posiada pięć pinów i w związku z tym tylko dwie linie danych ($T \times D$, $R \times D$), a pozostałe dwa porty posiadają dodatkowo po dwie linie sterujące (CTS, RTS).

Można wybrać także wersję odbiornika SR530 z dodatkowym portem PPS oraz dwoma portami Event. Port pięciopinowy umożliwia podłączenie do odbiornika GPS dalmierza laserowego, który nie wymaga linii sygnałowych CTS\RTS, a porty ośmiopinowe służą do transmisji danych ze stacji referencyjnych za pośrednictwem modemów zewnętrznych lub telefonów komórkowych.

Pierwszym standardowo stosowanym rozwiązaniem do transmisji danych w pomiarach RTK GPS był modem radiowy. Do odbiornika SR530 można podłączyć równocześnie dwa radiomodemy. Producent stworzył gotowe konfiguracje najbardziej powszechnych w użyciu modemów radiowych, dalmierzy laserowych i wybranych modeli telefonów komórkowych kilku producentów, które są dostępne w menu odbiornika GPS pod nazwą danego urządzenia.

Konfiguracja odbiornika GPS do nadawania lub odbioru danych przez port szeregowy wymaga ustalenia wspólnych i takich samych parametrów transmisji danych we wszystkich mających ze sobą współpracować urządzeniach dotyczących:

- prędkości transmisji danych [bity/s] (Baud Rate: od 300 do teoretycznie 115200),
- wyboru kontroli parzystości (Parity: None\ Odd\ Even),
- liczby bitów danych (Data Bits: 7 \ 8),
- liczby bitów stopu (Stop Bits: 1 \ 2),
- sterowania transmisją danych (Flow control: None \ CTS/RTS),

Konfigurację modemu oraz telefonu komórkowego przeprowadza się na ekranie Configure\Real-Time. Wykorzystanie dalmierza laserowego wymaga włączenia opcji na ekranie Configure\Hidden Point. Oprócz parametrów transmisji danych należy także zdefiniować offset dla mierzonej odległości wynikający ze sposobu zamocowania dalmierza na tyłce anteny GPS oraz sposobu pomiaru odległości (front, tył) i ewentualnie offsetu wysokości przez podanie wysokości instrumentu lub instrumentu i celu. Istnieje także możliwość wprowadzenia offsetu dla pomiaru kąta.

5. Konfiguracja telefonu komórkowego

Konfiguracja telefonu komórkowego w odbiorniku GPS jako urządzenia do transmisji danych wymaga użycia komend AT [6]. W odbiorniku SR530 gotowe zestawy komend AT są przygotowane przez producenta dla wybranych modeli telefonów Siemens, Wavecom, Bosch, Sagem. W pozostałych telefonach użytkownik musi sam przygotować konfigurację do transmisji danych lub wypróbować ustawienia domyślne. Należy podkreślić, że komendy AT nie mają ściśle określonego standardu i mogą się bardzo różnić.

Konfigurację telefonu komórkowego na przykładzie konfiguracji domyślnej przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Konfiguracja telefonu GSM: a) parametry, b) połączenie

Konfiguracja telefonu komórkowego w odbiorniku GPS wymaga ustawienia: parametrów portu zgodnie z punktem poprzednim, z wartością opcji Flow Control wynoszącą RTS/CTS, parametrów GSM dotyczących komend AT (rys. 1a), parametrów połączenia (rys. 1b) oraz wpisania kodów PIN i PUK. Sekwencje inicjalizujące różnią się istotnie nawet w różnych modelach tego samego producenta. Komend AT jest bardzo dużo. Znaczenie wybranych komend AT (wszystkich z konfiguracji domyślnej) zawiera tabela 1.

Tabela 1. Komendy AT domyślnej konfiguracji telefonu komórkowego

AT	Opis
&F	Wstawienie wszystkich aktualnych parametrów do profilu zdefiniowanego przez producenta
E0	„Echo mode” wyłączony
Q0V1	Modem odpowiada, używając odpowiedzi tekstowych, a nie numerycznych
X4	Wykrywanie wybierania tonowego i kontrola zajętości połączenia
S0=1	Wprowadzenie modemu w tryb odbierania połączeń po pierwszym dzwonku
^M	Wstawienie znaku <CR> i wysłanie komendy
+CME=0	Zgłaszanie wszystkich rodzajów błędów sprzętu wyłącznie przez wyświetlenie komunikatu ERROR
&W0	Zapisanie aktualnych ustawień w 0 profilu użytkownika
D	Wybranie numeru wg domyślnego sposobu wybierania
^#	Wstawienie numeru telefonu zdefiniowanego w parametrach połączenia (rys. 1b)
^H	Zakończenie połączenia
~	Wstawienie opóźnienia ¼ sekundy
+++	Anulowanie przepływu danych przez interfejs AT i przejście w tryb komend bez przerywania połączenia, polecenie jest zazwyczaj ignorowane, jeśli nie jest poprzedzone dłuższą przerwą

Parametry połączenia oprócz określenia nazwy odbiornika GPS, podania numeru telefonu obejmują wybór protokołu GSM, sposób akceptowania stacji referencyjnej, szybkość transmisji danych w sieci GSM oraz parametr dla *Radio Link Protocol* (RLP). W przypadku protokołu GSM do wyboru mamy analogowy lub dwie wersje protokołu ISDN (*Integrated Services Digital Network* v. 110 i v. 120). ISDN to sieć cyfrowa z integracją usług udostępnianych bezpośrednio oddalonym urządzeniom bez pośrednictwa urządzeń analogowych.

Podstawową zaletą sieci ISDN jest możliwość ciągłego poszerzania zakresu oferowanych usług, które można podzielić na usługi przenoszenia (*bearer service*), które są wykorzystywane w konfiguracji telefonu komórkowego i teleusługi (*teleservices*). Usługi przenoszenia obejmują jedynie transmisję sygnałów cyfrowych między terminalami użytkowników. Teleusługi zapewniają także sterowanie urządzeniami końcowymi. Opcja ConnElement (rys. 1b) umożliwia skorzystanie (*non-transparent*) lub rezygnację (*transparent*) z wykorzystania RLP. Protokół RLP jest stosowany w celu zwiększenia niezawodności połączeń radiowych.

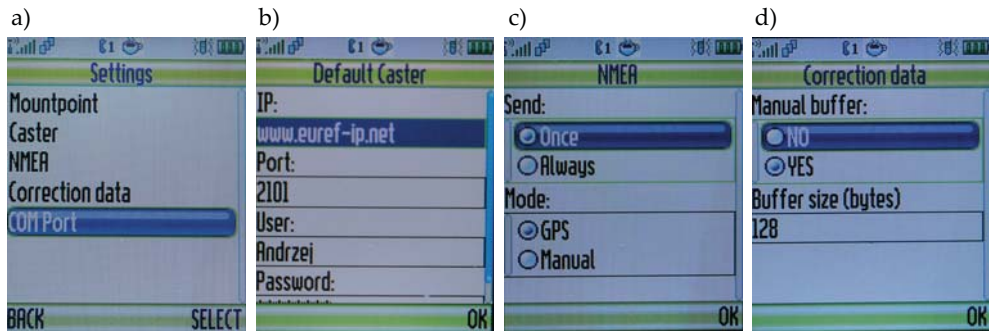
6. Konfiguracja aplikacji mobileNtrip

Transmisja danych ze stacji referencyjnej może się odbywać również za pośrednictwem protokołu internetowego. Odbiór danych w przypadku internetowego protokołu Ntrip umożliwia prawidłowo skonfigurowana aplikacja mobileNtrip, którą instaluje się w telefonie komórkowym. Więcej informacji nt. tego protokołu oraz aplikacji można znaleźć w [6]. Odbiornik SR530 nie jest sprzętowo wyposażony w możliwość łączności Bluetooth. Przewodowa wersja oprogramowania mobileNtrip wymaga w telefonie komórkowym złącza ce-bus.

Menu konfiguracyjne aplikacji (rys. 2a) pozwala na ustawienia w zakresie:

- wyboru domyślnej stacji referencyjnej;
- wyboru Castera z wprowadzeniem nazwy użytkownika i otrzymanego z Euref-IP hasła (rys. 2b);
- wyboru źródła pochodzenia współrzędnych nawigacyjnych (z odbiornika GPS lub wprowadzonych manualnie), które będą transmitowane w wiadomości GGA protokołu NMEA (rys. 2c);
- włączenia i określenia wielkości bufora dla danych korekcyjnych (rys. 2d);
- parametrów portu analogicznych do tych przedstawionych w rozdziale 4.

Podstawowymi parametrami konfiguracyjnymi umożliwiającymi skorzystanie z serwisu RTK danej sieci są: przyznany login i hasło oraz adres IP i numer portu. Opcja NMEA jest konieczna tylko w przypadku wyznaczania pozycji na podstawie obserwacji VRS.



Rys. 2. Konfiguracja aplikacji mobileNtrip: a) Menu; b) Caster; c) NMEA; d) bufor danych

7. Podsumowanie

W pomiarach RTK GPS dane ze stacji referencyjnej mogą być transmitowane bezpośrednio przez modem lub za pośrednictwem protokołu internetowego. Odbiór danych, niezależnie od zastosowanego sposobu transmisji ze stacji referencyjnej, może się odbywać za pośrednictwem modemu radiowego lub telefonu komórkowego. Aktualnie najefektywniejszym protokołem transmisji danych RTK jest protokół RTCM v. 3.0. Dane są transmitowane przez port szeregowy RS232C. Parametry konfiguracyjne portu muszą być identyczne w urządzeniach nadawczo-odbiorczych. Pozostałe parametry konfiguracyjne zależą od rodzaju urządzenia. W wypadku modemu radiowego nie konfiguruje się już innych parametrów. W dalmierzu laserowym dodatkowe parametry dotyczą redukcji mierzonych odległości wynikających z mechanicznego zamocowania dalmierza na tyłce anteny GPS odbiornika ruchomego oraz zależnych od sposobu pomiaru odległości dalmierzem. Konfiguracja telefonu komórkowego wymaga szerszej wiedzy nt. rozwiązań w sieci GSM danego operatora oraz znajomości komend AT danego telefonu, choć można wypróbować konfigurację domyślną producenta. Telefon komórkowy oprócz transmisji danych może być wykorzystany także do sterowania pracą odbiornika GPS oraz komunikacji z odbiornikiem GPS, np. w celu ściągania danych z jego karty pamięci. Korzystanie z danych transmitowanych w protokole Ntrip wymaga instalacji w telefonie komórkowym aplikacji mobileNtrip.

Literatura

- [1] Bagge A.: *DGPS Data Formats 2.0*. Dostępne na: www.geopp.de, 2001.
- [2] Brown Neumann J., Dierendonck K. van, Manz A., Ford T.J.: *Real-Time Carrier Phase Positioning Using the RTCM Standard Message Types 20/21 and 18/19*. Dostępne na: www.novatel.com.

-
- [3] *Technical Reference Manual 5.0.0en*. Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland 2004.
 - [4] Skaloud J., Gontran H., Merminod B.: *GSM-Distributed RTK for Precise Analysis of Speed Skiing*. IGNSS Symposium 2006, International Global Satellite Systems Society, Australia 17–21 July 2006.
 - [5] Uznański A.: *Metody wyznaczania pozycji techniką RTK GPS*. Półrocznik AGH Geodezja, t. 12, z. 2, 2006.
 - [6] Uznański A.: *Wybrane zagadnienia teletransmisji danych w pomiarach RTK GPS*. Geomatics and Environmental Engineering, vol. 1, no. 4, 2007 (w druku).