

OSZCZAK Bartłomiej¹
SERŻYSKO Krzysztof²
TANAJEWSKI Dariusz³

ANALIZA PROTOKOŁU SiRF BINARY

W artykule przeprowadzono analizę dekodowanych binarnych danych pomiarowych rejestrowanych przez urządzenia wyposażone w moduły GNSS typu SiRFStarIII. Urządzenia mają możliwość pracy z użyciem zaawansowanego protokołu SiRF Binary, dlatego możliwe jest uzyskanie dostępu do rozbudowanych wiadomości formatu oraz parametrów odbiornika nawigacyjnego GNSS. W celu sprawdzenia możliwości wykorzystania danych pomiarowych uzyskiwanych za pomocą protokołu SiRF na potrzeby artykułu przeprowadzono testowy jednoczesny pomiar z wykorzystaniem trzech odbiorników nawigacyjnych GNSS. Odbiorniki rejestrowały jednocześnie wyniki pomiarów na referencyjnym punkcie osnowy sytuacyjnej, którego współrzędne są znane. Do dekodowania zarejestrowanych wiadomości formatu binarnego wykorzystano autorską aplikację SiRFLogger. Rozkodowanie protokołu binarnego SiRF, w porównaniu do istniejących standardów NMEA, RTCM czy RINEX dostarcza dodatkowych informacji dotyczących poprawności działania odbiornika GNSS i dzięki temu możliwa jest ocena parametrów nawigacyjnych w szerszym niż dotychczas zakresie.

ANALYSIS OF SiRF BINARY PROTOCOL

In the article the analysis of decoded binary measurement data recorded by SiRFStarIII-equipped GNSS devices was performed. These devices have the ability to use advanced SiRF Binary protocol, therefore the access to the sophisticated messages of the format and the parameters of the GNSS navigation receiver is possible. In order to verify the usability of measurement data obtained using the SiRF protocol for the purpose of making the article the simultaneous test measurement with the use of three GNSS navigation receivers was carried out. The receivers were performing simultaneous measurement on the reference geodetic point, which coordinates were known. For decoding of the recorded binary messages the authors' SiRFLogger application was used. Decoding of SiRF binary protocol, in comparison with NMEA, RTCM or RINEX standards, gives additional information regarding the correctness of the GNSS' receiver operation, and thanks to this the assessment of the navigation parameters in wider spectrum is possible.

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji; 10-724 Olsztyn; ul. Heweliusza 5.
E-mail: bartlomiej.oszczak@kgsin.pl

² E-mail: krzysztof.serzysko@gmail.com, przedsiębiorstwo ARTO „Ekologia-Geodezja-Nawigacja“

³ E-mail: tanajewski@wp.pl, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji;
10-724 Olsztyn; ul. Heweliusza 5

1. WSTĘP

Protokół SiRF jest binarnym standardem transmisji danych GNSS. Format został zaprojektowany i wdrożony przez firmę SiRF Technology Inc. do zastosowania w modułach GNSS typu SiRFStar, lecz jest bardzo często spotykany w urządzeniach innych producentów. W protokole, oprócz standardowych danych nawigacyjnych o pozycji i czasie, zaimplementowano także liczne informacje mające służyć do diagnostyki algorytmów obliczania pozycji przez odbiornik GNSS. Parametry testowe umożliwiają dokładniejszą analizę algorytmów zastosowanych w odbiorniku GNSS. Występowanie tego typu wiadomości wyróżnia format SiRF na tle pozostałych formatów danych GNSS takich jak RTCM, RINEX, NMEA. Do istotnych parametrów w protokole SiRF należą na przykład pomierzone nieskorygowane pseudoodległości, interpolowane na każdą sekundę pomiaru pozycje i prędkości satelitów, błędy zegarów satelitów i odbiornika, czy też stosunki sygnału do szumu.

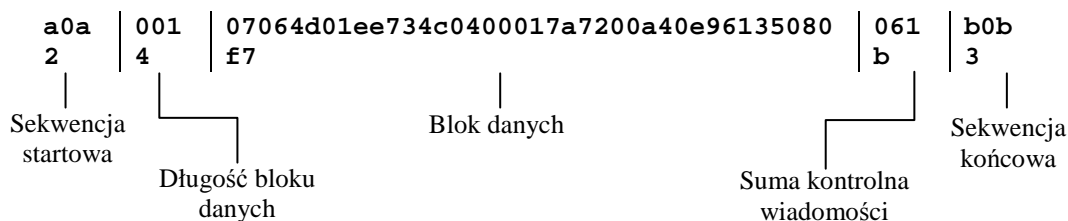
Protokół SiRF posiada strukturę binarną, co oznacza, iż do wydobycia istotnych informacji pomiarowych z zapisanych danych konieczna jest specjalistyczna aplikacja dekodująca. Wykorzystując język Python [4] autorzy artykułu napisali aplikację SiRFLogger posiadającą m.in. funkcję dekodowania formatu SiRF z pliku zarejestrowanego za pomocą odbiornika GNSS. Algorytm dekodujący zastosowany w programie opiera się na rozwiązaniu wykorzystanym w programie SiRF Dekoder opisanym w artykule [1]. Program SiRFLogger posłużył do dekodowania danych zarejestrowanych przez odbiorniki nawigacyjne podczas przeprowadzonego badania. Na podstawie uzyskanych informacji autorzy przeprowadzili analizę protokołu SiRF, której przebieg oraz wyniki przedstawiono w poniższym artykule. Ze względu na obszerność materiału nie zamieszczono analizy dokładności pomiarów odbiornika GNSS i przedstawiono pokrótce analizę zaobserwowanych parametrów protokołu SiRF.

2. OPIS PROTOKOŁU

Protokół SiRF Binary został szczegółowo opisany przez autorów w artykule [5]. jest standardem określającym zasady komunikacji z urządzeniami GNSS. Zdefiniowano w nim około 37 typów wiadomości wejściowych oraz około 40 wiadomości wyjściowych, które umożliwiają kontrolowanie urządzenia oraz odbieranie danych pomiarowych. Wiadomości protokołu posiadają binarną strukturę 3-warstwową [1]:

- Warstwa transportu – definicja początku i końca pojedynczej wiadomości za pomocą sekwencji startowej i końcowej,
- Warstwa kontroli – określenie długości wiadomości oraz suma kontrolna,
- Warstwa bloku danych – właściwa wiadomość SiRF.

Na rysunku 1. zaprezentowano strukturę pojedynczej wiadomości binarnej SiRF za pomocą przykładowego ciągu heksadecymalnego:



Rys. 1. Przykładowa wiadomość formatu SiRF Binary w formacie heksadecymalnym

Szczegółowy opis poszczególnych elementów wiadomości w formacie binarnym SiRF zawarto w tabeli 1. [2]:

Tab. 1. Elementy składowe wiadomości SiRF

Element ramki	Wartość	Opis
sekwencja startowa	a0a2	znacznik początku wiadomości
długość bloku danych	dwa bajty	dwubajtowa liczba określająca ilość bajtów w wiadomości
blok danych	do 1023 bajtów	właściwa wiadomość zawierająca informację
Suma kontrolna wiadomości	dwa bajty	16-bitowa suma wartości wszystkich bajtów w bloku danych
sekwencja końcowa	b0b3	znacznik końca wiadomości

Układ zaprezentowany na rysunku 1. oraz opisany w tabeli 1. stosowany jest we wszystkich wiadomościach protokołu SiRF Binary. Dotyczy to wszystkich typów wiadomości – wyjściowych oraz wejściowych [3]. Jednolita konstrukcja ramki wiadomości ułatwia pracę z protokołem, umożliwiając łatwe tworzenie aplikacji. W artykule [5] opisano przykładowy algorytm, za pomocą którego możliwe jest efektywne dekodowanie danych binarnych SiRF.

3. BADANIA WŁASNE

3.1. Zastosowany sprzęt

Aby przeprowadzić odpowiednie badania należało wykorzystać urządzenia wyposażone w chipy obsługujące protokół binarny SiRF. Zdecydowano się na użycie trzech urządzeń typu PDA (ang. *Personal Digital Assistant*), posiadających wbudowane odbiorniki SiRFStarIII:

- E-TEN Glofiish X500,
- E-TEN Glofiish X800,
- Fujitsu-Siemens Pocket LOOX N560.

Powyższe urządzenia pracują pod kontrolą systemu Windows Mobile. Posiadają zintegrowane moduły SiRFStarIII oraz w przypadku PDA E-TEN Glofiish X800 – SiRFStarIIILT.

3.2. Przebieg badania

W celu przeanalizowania danych podawanych przez urządzenia z modułami GPS SiRFStarIII 22 czerwca 2011 roku przeprowadzono sesję pomiarową na terenie miasteczka studenckiego Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Czas pomiaru wyniósł łącznie 30 minut. Mierzony punkt o nazwie „WAŁ” jest także punktem osnowy sytuacyjnej o znanych współrzędnych katalogowych.

Badanie zostało wykonane wykorzystując trzy odbiorniki opisane wcześniej pracujące jednocześnie na jednym statywie. Pomiar za pomocą trzech urządzeń miał więc miejsce w tym samym czasie przy takich samych warunkach pogodowych i terenowych. Jednoczesny pomiar rozpoczęto o godzinie 12:10 (10:10 czasu UTC). Badanie trwało 30 minut. Pomiar zakończono o godzinie 12:40 (10:40 czasu UTC). Dane uzyskane podczas pomiaru zdekodowano programem SiRFLogger.

3.3. Zaobserwowane właściwości protokołu

Protokół SiRF posiada wiele różnych typów wiadomości, z których każda zawiera informacje istotne w przeprowadzaniu określonych analiz. Na podstawie wykonanego pomiaru wyszczególniono typy wiadomości zawierające najistotniejsze informacje, mogące służyć w badaniach naukowych i tym samym decydujące o przydatności samego protokołu.

- **Wiadomość 2.**

W wiadomości o numerze 2 zawarto m.in. informacje o zastosowanych wartościach granicznych DOP (ang. *Dilution Of Precision*), trybie oszczędzania energii, trybie rozwiązania pozycji czy zastosowaniu funkcji DGPS (ang. *Differential GPS*). Zawarte zostały także informacje dotyczące wykorzystania sensorów ruchu (jeśli odbiornik jest w nie wyposażony). Ponadto użytkownik jest informowany o wyznaczonej pozycji XYZ odbiornika i prędkościach względem tych osi, wartości współczynnika HDOP oraz o ilości wykorzystanych satelitów i ich przypisaniu na tory odbiorcze urządzenia na każdą sekundę pomiaru.

Udostępniane dane umożliwiają np. analizę funkcjonowania odbiornika pod kątem przydzielania satelitów na poszczególne tory odbiorcze oraz testowanie wpływu wartości parametrów granicznych na rozwiązanie pozycji.

- **Wiadomość 4.**

W tej wiadomości zawarto dane informujące o etapach przetwarzania sygnału GPS, przeprowadzenie akwizycji, synchronizacja bitowa, synchronizacja podramek itd. dla każdego satelity. Dodatkowo zawarto w niej informacje o dostępności danych efemerydalnych, azymuty i wysokości topocentryczne satelitów, a także stosunki sygnału do szumu dla każdego satelity. W tabeli 2. przedstawiono dwie przykładowe sytuacje: etapy przetwarzania sygnału GPS dla satelity o słabym sygnale i małej wysokości topocentrycznej oraz dla satelity będącego w zenicie o dużej sile sygnału.

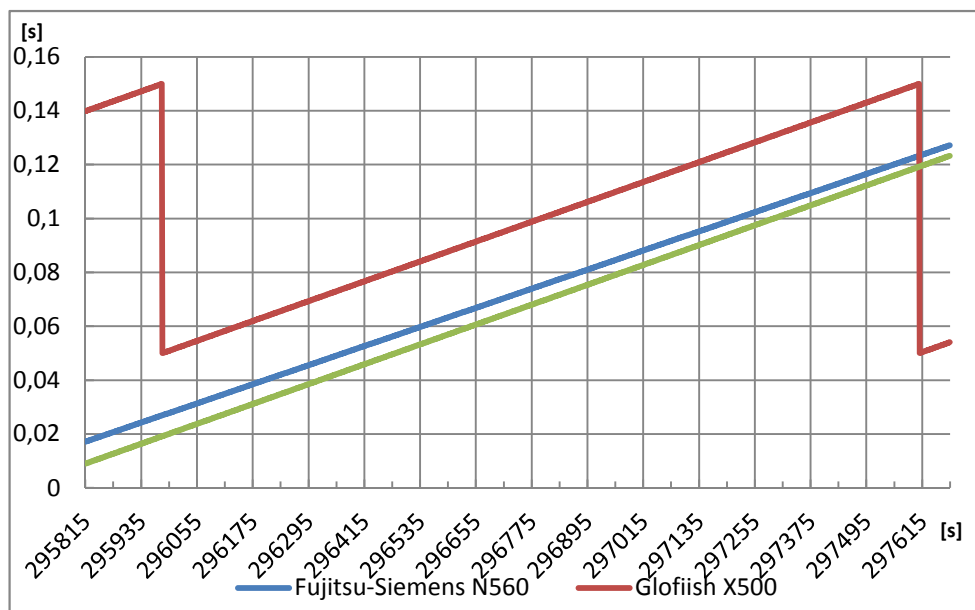
Tab. 2. Etapy przetwarzania sygnału GPS z wiadomości 4.

Numer Satelity	Wysokość topocentryczna	SNR [dB-Hz]	Akwizycja sygnału	Walidacja fazy	Synchronizacja bitowa	Synchronizacja podframek	Synchronizacja fazowa	Synchronizacja kodowa	Dostępność efemeryd
26	70°	32	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27	12°	17	✓		✓	✓		✓	

W tabeli 2. można zauważyć zależność synchronizacji fazowej i walidacji fazy od wysokości topocentrycznej i stosunku sygnału do szumu. Satelita 27. był satelitą wschodzącym podczas pomiaru – w późniejszym etapie badania wysokość topocentryczna satelity uległa zwiększeniu i walidacja oraz synchronizacja fazy została osiągnięta. Informacje z wiadomości 4. umożliwiają więc wgląd w poszczególne kroki przetwarzania sygnału, a także dają możliwość analizowania wpływu siły sygnału na odbiór sygnału i obliczenia w odbiorniku oraz wpływu położenia satelitów na odbiór i siłę sygnału.

- **Wiadomość 7.**

Wiadomość 7. zawiera informacje o błędach i dryfie zegara odbiornika oraz ilości satelitów wykorzystanych w rozwiązaniu pozycji. Na rysunku 2. zestawiono wartości błędów zegarów odbiorników zastosowanych w pomiarze.



Rys. 2. Zmiana wartości błędu zegara w czasie dla zastosowanych odbiorników

Na wykresie widoczna jest zmiana wartości błędu zegara w sekundach (oś pionowa) względem czasu TOW także wyrażonego w sekundach (oś pozioma) dla trzech

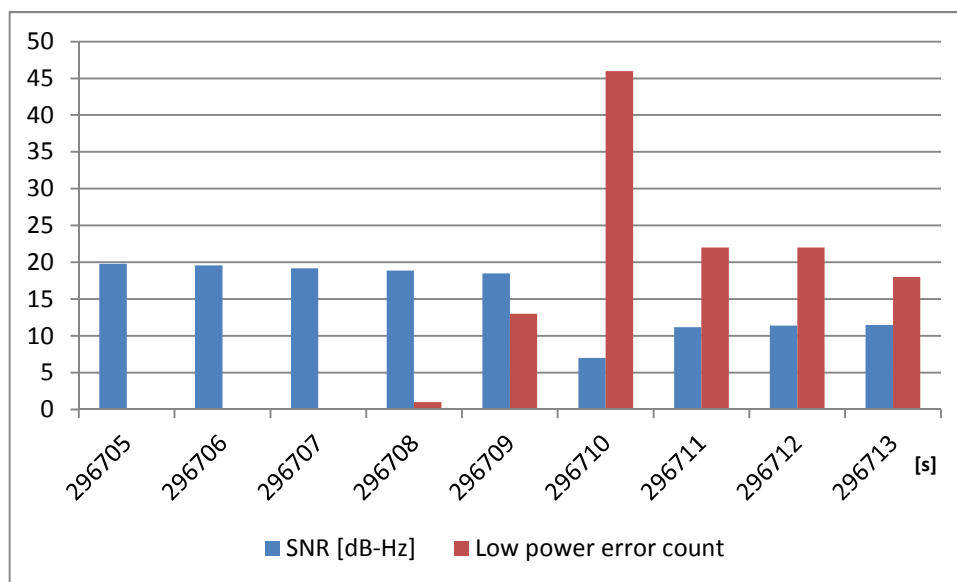
odbiorników wykorzystanych w pomiarze badawczym. Widoczny jest liniowy wzrost błędu zegara w odbiornikach Fujitsu-Siemens N560 oraz Glofiish X800, natomiast w przypadku odbiornika Glofiish X500 widoczne jest zjawisko dostrajania zegara odbiornika. Dane z tej wiadomości można wykorzystać np. w algorytmie obliczania pozycji do korygowania wartości pseudoodległości.

- **Wiadomość 13.**

W wiadomości 13. zawarto informację o całkowitej ilości widocznych satelitów oraz przydzieleniu satelitów do torów odbiorczych. Dodatkowo dla każdego satelity podawany jest przybliżony azymut i wysokość topocentryczna. Wiadomość 13. pełni rolę informacyjną i jest podawana raz na kilkanaście sekund. Można ją wykorzystać do przeanalizowania pracy odbiornika pod względem wykorzystania satelitów – które satelity były uwzględniane ze wszystkich dostępnych w danym momencie satelitów do wyznaczenia pozycji.

- **Wiadomość 28.**

W wiadomości o numerze 28 zamieszczono wartości pomierzonych nieskorygowanych wartości pseudoodległości dla każdego satelity, informacje o czasie śledzenia oraz stosunkach sygnału do szumu danego satelity oraz liczniki błędów fazy i błędów spowodowanych zbyt niską siłą sygnału GPS. Dodatkowo zduplowano informacje o przebiegu procesu przetwarzania sygnału GPS z wiadomości 4. Na rysunku 3. przedstawiono zależność pomiędzy stosunkiem sygnału do szumu a wbudowanym licznikiem błędów spowodowanych słabym sygnałem GPS dla odbiornika Fujitsu-Siemens N560 wykonującego pomiar do satelity 9.:



Rys. 3. Zależność ilości błędów spowodowanych słabym sygnałem GPS od stosunku sygnału do szumu dla satelity 9.

Rysunek 3. Przedstawia opisaną zależność w kolejnych sekundach czasu TOW (oś pozioma). Widoczne jest, iż dane z wiadomości 28. można wykorzystać w analizie siły sygnału GPS i jej zależności od różnych parametrów podawanych w protokole SiRF. Najważniejszym parametrem podawanym w tej wiadomości jest jednak wartość pseudoodległości podawana dla każdego satelity na daną sekundę pomiaru. Wartość pseudoodległości można wykorzystać w algorytmie obliczania pozycji razem z wartościami błędów zegara odbiornika z wiadomości 7.

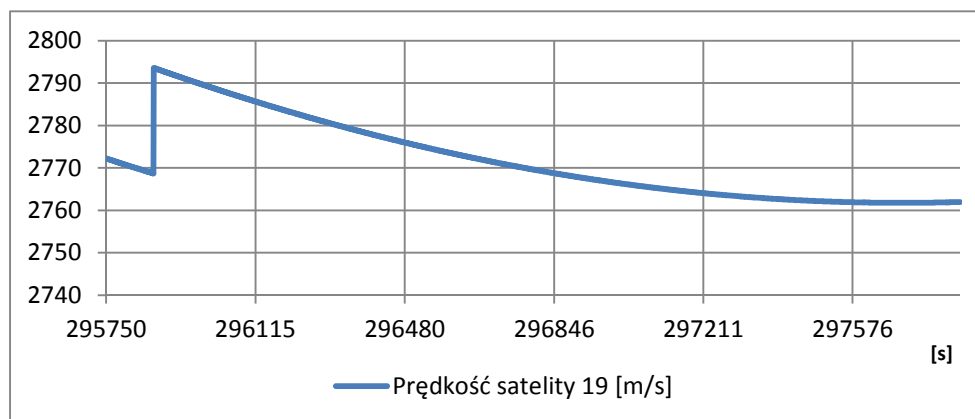
- **Wiadomość 30.**

W tej wiadomości zawarto informację o pozycjach i prędkościach satelitów interpolowanych przez odbiornik na każdą sekundę pomiaru na podstawie danych z depeszy nawigacyjnej, a także wartości błędu i dryfu zegara satelity oraz błędu ze względu na refrakcję jonosferyczną. Dodatkowo zamieszczono znacznik informujący o wieku danych efemerydalnych. W tabeli 3. przedstawiono czas który był potrzebny do uzyskania aktualnych danych efemerydalnych od początku pomiaru dla każdego odbiornika bazując na informacji z wiadomości 30. W zestawieniu uwzględniono tylko satelity dla których odbiornik nie posiadał aktualnych danych od początku pomiaru.

Tab. 3. Czas potrzebny do pobrania aktualnych danych efemerydalnych od początku pom.

Odbiornik	Satelity	Czas w sekundach
Fujitsu-Siemens N560	19	112
	27	607
Glofiish X500	27	2
Glofiish X800	18	44

Wykorzystując informacje o prędkości sporządzono rysunek 4. przedstawiający zmianę prędkości satelity o numerze 19 podczas pomiaru odbiornikiem Fujitsu-Siemens N560. Oś pionowa to prędkość satelity w metrach na sekundę, natomiast oś pozioma to czas pomiaru TOW w sekundach.



Rys. 4. Wykres zmiany prędkości satelity 19 podczas pomiaru odbiornikiem Fujitsu-Siemens N560

Odbiornik pobrał aktualne dane efemerydalne dopiero 112 sekund po rozpoczęciu pomiaru, co widać na rysunku 4. Widoczny jest skok wartości prędkości satelity po pobraniu aktualnych danych efemerydalnych.

Przedstawiona powyżej analiza to tylko jeden ze sposobów wykorzystania danych z wiadomości 30. Najważniejszym zastosowaniem może być wykorzystanie wartości błędu zegara satelity, błędu refrakcji jonosferycznej i pozycji satelity w algorytmie rozwiązania pozycji wraz z parametrami z wiadomości 7. i 28. Dzięki informacji o wieku danych efemerydalnych można także analizować funkcjonowanie odbiornika pod kątem odbierania depechy nawigacyjnej.

- **Wiadomość 41.**

Jest to obszerna wiadomość zawierająca szereg informacji nawigacyjnych. Jej odpowiednikiem w formacie NMEA jest sentencja GGA. W wiadomości nr 41 zawarto informację o czasie UTC, wykorzystanych w rozwiązaniu pozycji satelitach, pomierzone współrzędne BL odbiornika, wysokość elipsoidalną i ortometryczną odbiornika itp. Ponadto w wiadomości zawarto informację o wartości współczynnika HDOP, wykorzystanej elipsoidzie oraz o wartości błędu i dryfu zegara odbiornika (podane w innych jednostkach niż w wiadomości 7.). Dodatkowo podano zdublowane informacje o ustawieniach parametrów z wiadomości 2. W tabeli 4. przedstawiono podawany czas GPS TOW w sekundach oraz czas UTC w chwili zaobserwowania zjawiska korygowania czasu UTC względem GPS w odbiorniku Fujitsu-Siemens N560.

Tab. 4. Korygowanie przez odbiornik GNSS czasu UTC względem czasu GPS

Czas GPS TOW [s]	Czas UTC
...	...
296030	10:13:36
296031	10:13:37
296032	10:13:38
296033	10:13:39
296034	10:13:39
296035	10:13:40
296036	10:13:41
296037	10:13:42
...	...

W tabeli 4. Widoczne jest zjawisko korygowania czasu UTC w 296034 sekundzie TOW, w której z czasu UTC odjęta została jedna sekunda.

4. WNIOSKI

Obszerny zestaw wielu otrzymywanych parametrów protokołu SiRF umożliwia wnikliwą analizę funkcjonowania odbiornika GNSS. Informacje o pseudoodległościach, pozycjach satelitów i ich prędkościach, a także wartości błędów zegarów satelity i odbiornika czy poprawki jonosferyczne to tylko niektóre z ważniejszych parametrów decydujących o oryginalności rozwiązania SiRF. Wykorzystując rejestrowane informacje możliwe jest np. zaprogramowanie własnego algorytmu obliczającego pozycję [6]s, systemu usuwającego błędy grube z pomiaru, aplikacji wprowadzającej funkcjonalność

typu DGPS czy też aplikacji analizującej wpływ stosunków sygnałów do szumów w procesie przetwarzania sygnałów radiowych. Dodatkowo, przeprowadzając pomiar na punkcie o znanych współrzędnych, możliwe jest przeanalizowanie dokładności podawanych danych.

Analizowany format nie jest jednak wolny od pewnych wad. W danych podawanych przez urządzenie Glofish X500 zauważono nagły skok wartości błędu zegara odbiornika podawanego w wiadomości 7. Błąd zwiększał się do wartości około 0,15 s, po czym w 295980 sekundzie TOW (ang. *Time Of Week* – w protokole SiRF jest to ilość sekund, które upłynęły w bieżącym tygodniu GPS, w przeciwieństwie do parametru TOW z depeszy nawigacyjnej GPS) zmienił wartość na 0,05 s. Podobna sytuacja wystąpiła w 297609 sekundzie TOW. Zauważono jednostajny wzrost błędu zegara odbiornika od wartości 0,05 s do 0,15 s. Po osiągnięciu najwyższej dopuszczalnej wartości błędu zegar odbiornika dostrajał się w czasie rzeczywistym tak, aby wielkość błędu nie przekroczyła 0,15 s. Prawdopodobnie jest to zamierzony efekt zaprogramowany w celu nie dopuszczenia do zbyt dużej wartości błędu zegara odbiornika. Niestety momenty, w których błąd zegara zmieniał się nie szły w parze z momentami zmiany wartości pomierzonych pseudoodległości. Stwierdzono, iż wartość pseudoodległości jest podawana prawidłowo dopiero sekundę po dostrojeniu zegara, co może powodować jednosekundowe błędy grube. W pozostałych dwóch urządzeniach nie zauważono efektu dostrajania zegara odbiornika – błędy zegara zwiększały się liniowo.

Kolejną nieprawidłowością jaką zauważono był fakt, iż urządzenie Fujitsu-Siemens N560 od początku pomiaru aż do 296040 sekundy TOW podawało zerowe wartości błędu ze względu na refrakcję jonosferyczną w wiadomości 30. W następnych sekundach aż do końca pomiaru wartości błędów były podawane. Pozostałe odbiorniki od początku pomiaru podawały wartość błędu. Zaobserwowane zjawisko może negatywnie wpłynąć na dokładność obliczania pozycji z wykorzystaniem parametrów udostępnianych przez protokół SiRF.

Mniej istotną nieprawidłowością zanotowaną podczas analizy wyników pomiarów było korygowanie czasu UTC względem czasu GPS w odbiorniku Fujitsu-Siemens N560. W wiadomości 41 zawarta jest informacja o czasie UTC względem czasu GPS wyrażonego w sekundach TOW. Na pierwszą sekundę pomiaru (295815 TOW) czas UTC podawany przez odbiornik Pocket LOOX N560 to godzina 10:10:01, podczas gdy w pozostałych urządzeniach na tą samą sekundę TOW przypada godzina 10:10:00. Zaistniało więc przesunięcie czasu UTC względem TOW. W 3 minucie pomiaru nastąpiło wyrównanie czasu UTC – w sekundzie 296034 TOW została odjęta jedna sekunda UTC. Od tego momentu czas UTC podawany przez odbiornik Pocket LOOX N560 zgadzał się z czasem UTC podawanym przez pozostałe urządzenia.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Instrukcja: *SiRF Binary Protocol Reference Manual*, San Jose, 2008.
- [2] Instrukcja: *SiRF Binary Protocol Reference Manual*, San Jose, 2007.
- [3] Instrukcja: *SiRF Binary Protocol Reference Manual*, San Jose, 2005.
- [4] Norton P. i inni: *Python. Od podstaw*, Gliwice, 2006.
- [5] Oszczak B., Serżysko K.: *Decoding of SiRF Binary Protocol*, (Artificial Satellites, artykuł aktualnie jest w recenzji, stan na 19.09.2011), Olsztyn, 2011.
- [6] Instrukcja: *Telit_GE863-Family_Hardware_User_Guide_r*, 2009