



Wykorzystanie danych GPS w przeciwlotniczych zestawach artyleryjsko-rakietowych na przykładzie odbiornika LASSEN iQ firmy Trimble

WŁODZIMIERZ BOROWCZYK, WOJCIECH KACZMAREK

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki, Instytut Systemów Mechatronicznych,
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienie wykorzystania danych z odbiornika GPS w przeciwlotniczych zestawach artyleryjsko-rakietowych wyposażonych w obecnie wdrażany celownik CP-1 i odbiornik GPS Lassen iQ firmy Trimble. Omówiono zasadę odbierania i dekodowania danych dla przypadku wykorzystania w systemie protokołu binarnego TSIP (Trimble Standard Interface Protocol). Ponadto opisano zasady funkcjonowania procesu odbierania danych w systemie czasu rzeczywistego QNX Nautrino.

Słowa kluczowe: system satelitarny GPS, protokoły transmisji danych GPS, system czasu rzeczywistego QNX Nautrino

Symbole UKD: 527.62

1. Wstęp

Efektywne kierowanie obroną przeciwlotniczą wymaga, aby zestawy na stanowiskach ogniowych były poprawnie dowiązane i zorientowane [1-3, 7, 12]. Nowoczesne celowniki przeciwlotnicze powinny być urządzeniami, które w założeniu umożliwiają zwalczanie celu przy braku jego widoczności. Powinny one również umożliwiać przejęcie kontroli nad napędami zestawu i automatyczne kierowanie na punkt w przestrzeni o współrzędnych przesyłanych z systemów zewnętrznych lub innego celownika. W tym celu niezbędne jest precyzyjne dowiązanie i zorientowanie zestawów, warunkujące skuteczność zwalczania celów [14].

Obecnie, w związku z burzliwym rozwojem nawigacji satelitarnej, poprawianiem dokładności jej pozycjonowania, próbami wprowadzenia możliwości odbierania sygnału również w pomieszczeniach zamkniętych itd., celowe wydaje się wykorzystanie tego rodzaju techniki w nowoczesnych systemach kierowania ogniem (SKO). Wybór satelitarnego systemu pozycjonowania nie nastęrcza dzisiaj żadnych trudności, ponieważ jedynym w pełni działającym i dostępnym dla wszystkich jest amerykański system nawigacji satelitarnej NAVSTAR GPS. Oczywiście, nie jest on jedynym działającym systemem. Rosjanie posiadają swój własny system o nazwie GLONASS, jednak jak podają liczne źródła, od czasu upadku Związku Radzieckiego nie posiada on pełnej gotowości operacyjnej. Poza tym, nawet gdyby takową posiadał, jego dostępność byłaby bardzo utrudniona (brak nowoczesnych odbiorników na rynku) lub wręcz nieosiągalna (nigdy nie był ogólnie dostępny). Gdy mówi się o Globalnych Systemach Nawigacji Satelitarnej (GNSS), nie należy zapominać o aspiracjach Unii Europejskiej, która od dłuższego czasu, chcąc uniezależnić się od systemu amerykańskiego, buduje swój własny system o nazwie GALILEO. System ten miał osiągnąć gotowość operacyjną już w roku 2008, jednak pomimo zainwestowania w niego miliardów euro, plan nie zostanie zrealizowany, a datę uruchomienia systemu przesunięto na rok 2013. Z punktu widzenia użytkowników samo uruchomienie systemu nie rozwiązuje problemów, ponieważ dopiero po realizacji tego procesu, czyli od momentu kiedy system będzie mógł konkurować z systemem amerykańskim pozostaje konieczność wdrożenia zastosowań, opracowania odbiorników itd. Unia Europejska również na te cele przeznaczona znaczne nakłady finansowe, jednak dzisiaj pełne działanie systemu jest ciągle nutą przyszłości. Odrębnym problemem jest wykorzystanie nowego i niesprawdzonego systemu w zastosowaniach wojskowych, gdzie niezawodność odgrywa rolę najważniejszą.

Mówiąc o dokładnościach dowiązania poszczególnych stanowisk ogniowych oraz śledzeniu celów i prowadzeniu ognia w oparciu o technologię GPS, należy wspomnieć, iż Stany Zjednoczone udostępniają państwom sojusznicznym (członkowie NATO) kody, dzięki którym oprócz odbioru informacji zawartej w fali o częstotliwości L1, istnieje możliwość odbioru sygnału P na częstotliwości L2 [4]. Dogodność ta pozwala na wyliczenie opóźnienia sygnału, jakie powstaje w jonosferze i jest głównym, naturalnym powodem błędnego wyznaczania pozycji na Ziemi. Oprócz tego istnieje wiele technik (m.in. DGPS) umożliwiających zapewnienie dużych dokładności dowiązania.

Należy tutaj zaznaczyć, że strzelania przeciwlotnicze posiadają specyficzne cechy i zakładając, iż błędy wyznaczania pozycji w danym czasie przez poszczególne odbiorniki GPS są silnie skorelowane, można wysnuć tezę, że istnieje możliwość wykorzystania dynamicznego (nie inercjalnego) układu współrzędnych, który jest powiązany z odbiornikami przeprowadzającymi pomiary na określonym obszarze. Problem ten był poruszany przez autorów we wcześniejszych publikacjach,

a symulacje komputerowe wykazały, że błędy pomiarów w takim dynamicznym układzie są znacznie mniejsze (oczywiście, ważna jest tutaj synchronizacja czasu oraz szybka wymiana danych).

2. Wybrane protokoły transmisji na przykładzie odbiornika GPS Lassen iQ

Dzięki postępującej miniaturyzacji, ciągłemu zwiększaniu wydajności i dokładności systemu, a także innowacyjnemu łączeniu go z innymi technologiami powstaje coraz więcej sposobów wykorzystywania GPS. Obecnie na rynku jest szeroki wybór odbiorników GPS, które znalazły zastosowanie niemal we wszystkich sferach życia, począwszy od zastosowań militarnych przez komunikację lądową, powietrzną i morską, a na geodezji i turystyce kończąc.

Obserwowany dzisiaj trend miniaturyzacji modułów GPS (nowe produkty firm Global Locate mają wymiary 8×8 mm, a nawet 3,5×4,5 mm) wprowadza możliwość umieszczania ich w każdym, nawet najmniejszym urządzeniu. Producenci pozostawiają szeroki wachlarz możliwości ich konfiguracji w zależności od potrzeb, poprzez modyfikację zaawansowanych funkcji.

Odebrane przez odbiornik dane (współrzędne, prędkość, czas itd.) mogą być wykorzystane i przetwarzane na komputerze PC nawet przez początkujących programistów. Problem zagadnienia sprowadza się do umiejętności skonfigurowania portu szeregowego RS-232, przez który dane są przesyłane do komputera oraz napisania programu odczytującego (dekodującego) informacje zawarte w pakietach przesyłanych z określoną częstotliwością przez tenże port.

Przesyłanie informacji GPS odbywa się przy wykorzystaniu protokołów transmisji. Najbardziej znanym jest protokół w kodzie ASCII NMEA (National Marine Electronics Association), który jest stosowany przez wszystkie firmy produkujące odbiorniki. Analizując dokumentacje techniczne odbiorników łatwo można zauważyć, że obok tego uniwersalnego protokołu poszczególne firmy proponują protokoły dodatkowe (np. firma Garmin protokół Garmin, firma Trimble protokoły TSIP — Trimble Standard Interface Protocol i TAIP — Trimble ASCII Interface Protocol).

2.1. Protokół NMEA

NMEA-0183 jest standardowym protokołem używanym do przesyłania danych z urządzenia GPS do komputera przez port RS-232. Parametry tego protokołu są następujące:

- prędkość transmisji — 4800 bodów;
- 8 bitów;
- brak parzystości;
- jeden bit stopu.

Przy prędkości 4800 bodów, odbiornik GPS może wysyłać maksymalnie 480 znaków. Ponieważ każdy pakiet protokołu zawiera 82 znaki, możliwe jest jednorazowe przesłanie sześciu takich pakietów.

W protokole NMEA każda linia zaczyna się od znaku „\$” i kończy znakiem końca linii „\r”. Długość linii nie może przekraczać 80 znaków, nie licząc znaków początku i końca linii. Poszczególne dane są przedzielone znakiem przecinka, a na końcu linii może znajdować się suma kontrolna.

Ponieważ w nagłówku pakietu zawsze występuje symbol charakteryzujący urządzenie (w przypadku odbiornika GPS jest to prefix GP), standard NMEA umożliwia definiowanie pakietów informacji wysyłanych przez inne urządzenia (wówczas w nagłówku musi znaleźć się jednoznacznie identyfikujący je prefix). Na rysunku 2.1 przedstawiono przykładowy pakiet danych wysyłanych przez odbiornik GPS.

\$GPRMC, 123500, A, 4855.088, N, 01321.000, E, 010.3, 010.2, 220307, 003.1, W*6A

gdzie: RMC — nagłówek,
 123500 — aktualność danych (godzina 12:35:00 UTC),
 A — status (A/V aktywny/nieaktywny),
 4855.088,N — szerokość geograficzna (48°55,0088'N), 01321.000,
 E — długość geograficzna (13°21,0'E),
 010.3 — prędkość obiektu (węzły),
 010.2 — kąt poruszania się obiektu (stopnie),
 220307 — data (22.03.2007),
 003.1,W — odchylenie magnetyczne ziemi,
 *6A — suma kontrolna.

Rys. 2.1 Przykładowy pakiet danych (RMC)

W tabeli 2.1 zestawiono nagłówki wszystkich pakietów dostępnych w odbiorniku wbudowanym w Lasse iQ.

TABELA 2.1

Nagłówki pakietów protokołu NMEA

| Nagłówek | Opis |
|----------|--|
| GGA | Dane rozszerzone GPS informacja o położeniu |
| GLL | Współrzędne (długość i szerokość geograficzna) |
| GSA | Współczynnik rozmycia DOP — dilution of precision i aktywne satelity |
| GSV | Informacje o satelitach oraz parametry wiadomości |
| RMC | Informacje najczęściej wykorzystywane podczas nawigowania (rys. 2.1) minimum, jakie musi nadawać każdy odbiornik |
| VTG | Droga (wektor przemieszczenia) i prędkość |
| ZDA | Czas i data |

2.2. Protokół TSIP

W odróżnieniu od protokołu NMEA, który jest protokołem w kodzie ASCII, TSIP jest protokołem binarnym, a więc po odebraniu danych istnieje konieczność zamiany informacji na kod ASCII. Wprowadza to pewną niedogodność, jednak w rezultacie końcowym wydaje się rozwiązaniem bardziej korzystnym. Spowodowane jest to m.in. tym, że to właśnie za pomocą tego protokołu można skonfigurować odbiornik Lassen iQ, a ponadto podczas pracy odbiornika z wykorzystaniem protokołu NMEA konieczne jest sprawdzanie nie tylko bitu parzystości, ale również znacznika CRC.

Jak wcześniej wspomniano, TSIP jest protokołem opracowanym przez firmę Trimble, a jego parametry są następujące:

- prędkość transmisji — 9600 bodów;
- 8 bitów;
- parzystość;
- jeden bit stopu.

Wszystkie przesyłane informacje są binarne, co pozwoliło na większe upakowanie zawartości wiadomości, a sam protokół składa się z zestawu ponad 75 instrukcji, przy czym siedem z nich jest wysyłanych średnio dwa razy na sekundę. Ogólny format przesyłanych danych przedstawiono na rysunku 2.2

<DLE><ID><Wiadomość><DLE><EXT>

gdzie: <DLE> — bajt o kodzie 0x10 (decymalnie 16),
 <ID> — identyfikator rozkazu,
 <Wiadomość> — dane zawarte w pakiecie,
 <EXT> — bajt o kodzie 0x03 (decymalnie 3).

Rys. 2.2. Format przesyłanych danych

Jak widać z rysunku 2.2, w każdej zawartości pakietu (Wiadomość) może wystąpić bajt o wartości 0x10 niosący pewną informację, a nie będący indeksem oznaczającym początek lub koniec wiadomości. W takim przypadku algorytm dodaje automatycznie dodatkową wartość 0x10 do wiadomości, a koniec pakietu jest rozpoznawany dzięki nieparzystej liczbie bajtów 0x10.

W tabeli 2.2 zestawiono listę pakietów dostępnych w odbiorniku wbudowanym w Lassen IQ.

TABELA 2.2

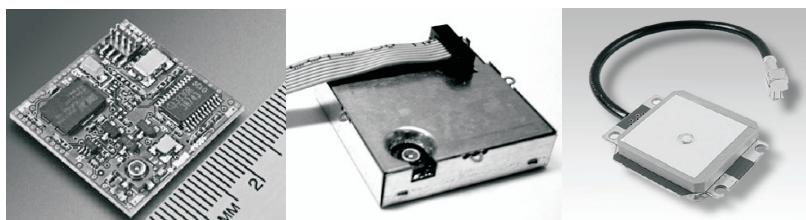
Lista pakietów protokołu TSIP

| Nagłówek | Opis |
|----------|---|
| 41H | Aktualny czas UTC |
| 42H | Współrzędne XYZ pojedynczej precyzji |
| 43H | Prędkość w formacie XYZ ECEF |
| 44H | Informacje współczynnika rozmycia, numery widocznych satelitów, tryb pracy odbiornika |
| 46H | „Zdrowie” odbiornika (liczba widocznych satelitów) |
| 4BH | Tryb pracy odbiornika |
| 6DH | Lista satelitów użyta do wyznaczenia pozycji |
| 4AH | Współrzędne geograficzne pojedynczej precyzji |

2.3. Odbiornik GPS Lassen iQ oraz środowisko jego pracy

Choć technologia GPS działa stosunkowo od niedawna (system osiągnął gotowość operacyjną w 1995 roku), wartość rynku liczona jest dzisiaj w miliardach dolarów. Istnieje wiele firm, które prześcigając się, oferują coraz mniejsze i posiadające coraz więcej funkcji odbiorniki. Jeszcze do niedawna jednym z ich głównych parametrów, na który należało zwracać szczególną uwagę, była liczba kanałów (liczba jednocześnie śledzonych satelitów). Dzisiaj niemalże każdy odbiornik śledzi ich co najmniej dwanaście, co w rezultacie jest w pełni wystarczające, biorąc pod uwagę wszystkie widoczne satelity systemu GPS na danej półkuli Ziemi.

Z punktu widzenia inżyniera, który chce wykorzystać odbiornik GPS w konstruowanym urządzeniu, na uwagę zasługują układy, które nie są finalnym produktem z punktu widzenia użytkownika. Na rysunku 2.3 przedstawiono odbiornik Lassen iQ firmy Trimble, który dzięki „micro-rozmiarze” z łatwością zmieści się nawet w najmniejszej obudowie. Moduł Lassen iQ jest produktem wyposażonym w dwa najpopularniejsze standardy protokołów: TSIP (Protocol złącza standardowego Trimble) i NMEA 0183 i — co ma istotne znaczenie — jest dostarczany w meta-



Rys. 2.3. Widok ogólny odbiornika Lassen iQ firmy Trimble oraz miniaturowej anteny kompaktowej

lowej, ochronnej obudowie. Dzięki architekturze FirstGPS składającej się z dwóch zintegrowanych obwodów i oprogramowania sprzętowego FirstGPS odbiornik łączy w sobie „microgabyty” i niski pobór prądu [4].

TABELA 2.3

Złącze odbiornika (znaczenie poszczególnych pinów)

| Numer pinu | Funkcja | Opis |
|------------|---------------------|------------------------------------|
| 1 | TXD A | Port A, transmisja, 3.3 V TTL CMOS |
| 2 | GND | Masa, zasilanie oraz sygnał |
| 3 | RXD A | Port A, odbiór, 3.3 V TTL CMOS |
| 4 | PPS | Pulse-Per-Second, 3.3 V TTL CMOS |
| 5 | TXD B | Port B, transmisja, 3.3V TTL CMOS |
| 6 | RXDB | Port B, odbiór, 3.3 V TTL CMOS |
| 7 | Zasilanie | +3.3 VDC to \pm 0.3 VDC |
| 8 | Zasilanie bateryjne | +2.5 VDC to + 3.6 VDC |

TABELA 2.4

Konfiguracja portów odbiornika Lassen iQ

| Port | Protokół wejściowy | Ustawienia domyślne | Protokół wyjściowy | Ustawienia domyślne |
|------|--------------------|--|--------------------|--|
| 1 | TSIP | Prędkość: 9600 Dane: 8 bitów Parzystość: nieparzysty Bit stopu: 1 | TSIP | Prędkość: 9600 Dane: 8 bitów Parzystość: nieparzysty Bit stopu: 1 |
| 2 | RTCM | Prędkość: 4800 Dane: 8 bitów Parzystość: brak Bit stopu: 1 | NMEA | Prędkość: 4800 Dane: 8 bitów Parzystość: brak Bit stopu: 1 |

3. Implementacja oprogramowania

Tworzenie nowoczesnych systemów kierowania ogniem, zwłaszcza do „strzelań przeciwlotniczych”, gdzie prędkości celu nie mogą być przyjmowane jako małe, wiąże się z koniecznością zastosowania szybkich i niezawodnych algorytmów pracy oraz systemów czasu rzeczywistego.

W obecnie wdrażanym celowniku CP-1 zdecydowano się na środowisko QNX Neutrino, które jest jednym z najnowocześniejszych systemów czasu rzeczywistego oferowanych na rynku [8]. Wdrożenie dowolnego systemu operacyjnego do specyficz-

nych zastosowań wiąże się z koniecznością dostosowania go do szczególnych potrzeb oraz opracowania sterowników umożliwiających komunikowanie się ze wszystkimi urządzeniami pracującymi w systemie. Należy tutaj zaznaczyć, że cały system musi uwzględniać dużą liczbę sygnałów odbieranych i wysyłanych do różnych urządzeń zewnętrznych (dalmierz laserowy, czujniki kątów, odbiornik GPS, wyrzutnia rakiet itd.), a ponadto musi on przeprowadzać wiele operacji arytmetycznych związanych chociażby z wyliczaniem nastaw do strzelania, stref startu rakiet, filtrowania danych itd. Rozwiązanie problemów związanych z funkcjonowaniem wielu współbieżnych procesów nie jest sprawą łatwą, zakładając, że każdy z nich jest ważny do poprawnego funkcjonowania całego systemu. Nie ma tutaj miejsca na zawieszanie się oprogramowania, a ponadto, gdy zachodzi konieczność komunikowania się z wieloma urządzeniami peryferyjnymi, co w przypadku złożonych systemów generuje ich dużą liczbę, główny komputer musi posiadać odpowiednią liczbę wejść i wyjść. Liczba obrabianych danych i sygnałów jest tak duża, że często konieczne staje się wykorzystanie komputerów wspierających pracę komputera głównego.

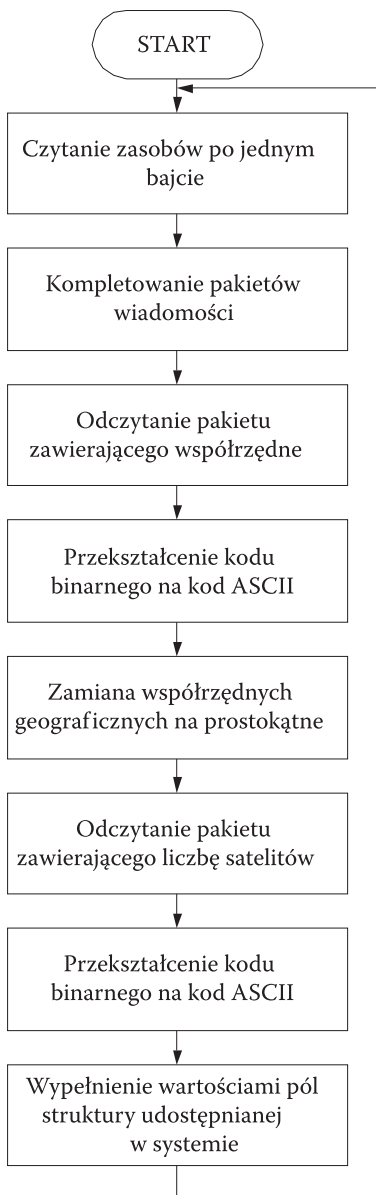
Podczas prac prowadzonych przy celowniku CP-1, przy rozpatrywaniu zagadnienia związanego z transmisją danych z odbiornika GPS do celownika rozważono możliwość wykorzystania jednego z wyżej przedstawionych protokołów transmisji danych (NMEA, TSIP). Opracowano i przetestowano oprogramowanie, które wykorzystując mechanizmy udostępniane przez system QNX Neutrino, umożliwiała odbiór danych zarówno w protokole NMEA, jak i TSIP [11, 13]. Ostatecznie zdecydowano się na wykorzystanie protokołu TSIP, a głównymi powodami były:

- możliwość konfigurowania odbiornika GPS — w przypadku odbiornika Lassen iQ jest ono realizowane za pomocą protokołu TSIP (istniała możliwość wpływania na konfigurację odbiornika bez zmian konfiguracji portu tym samym łączem);
- szybkość przesyłania danych.

„Driver” odbiornika został zaprojektowany w postaci zarządcy zasobów systemu GPS, który rejestruje się w systemie jako urządzenie przeznaczone tylko do odczytu pod nazwą `/dev/Gps` [13]. Program odbioru pozwala na odczytanie danych z odbiornika GPS w protokole TSIP. Wykorzystuje on do tego celu następujące pakiety:

- `0x4A` — długość geograficzna, szerokość geograficzna, wysokość n.p.m., czas uzyskania współrzędnych;
- `0x6D` — liczba widzianych satelitów;
- `0x82` — długość geograficzna, szerokość geograficzna, wysokość n.p.m., czas uzyskania współrzędnych.

Odebrane w kodzie binarnym dane są następnie zamieniane na kod ASCII (rys. 3.1). Ze względu na to, że odczytane dane są zapisane we współrzędnych



Rys. 3.1. Ogólny algorytm programu

geograficznych, zaistniała konieczność ich zamiany na współrzędne prostokątne. Dlatego jedna z funkcji programu przekształca odczytane informacje na współrzędne pełne w odwzorowaniu Merkatora WGS-84 (uwzględniając literę pasa i numer słupa — strefy). Funkcja ta zapisuje dane do bufora w postaci struktury. Aby wykorzystać

zapisane w strukturze dane, należy odwołać się do niej poprzez zmienną-strukturę. Wynikiem działania programu jest pakiet danych przedstawiony w tabeli 3.1.

TABELA 3.1

Zmienne wykorzystywane w programie

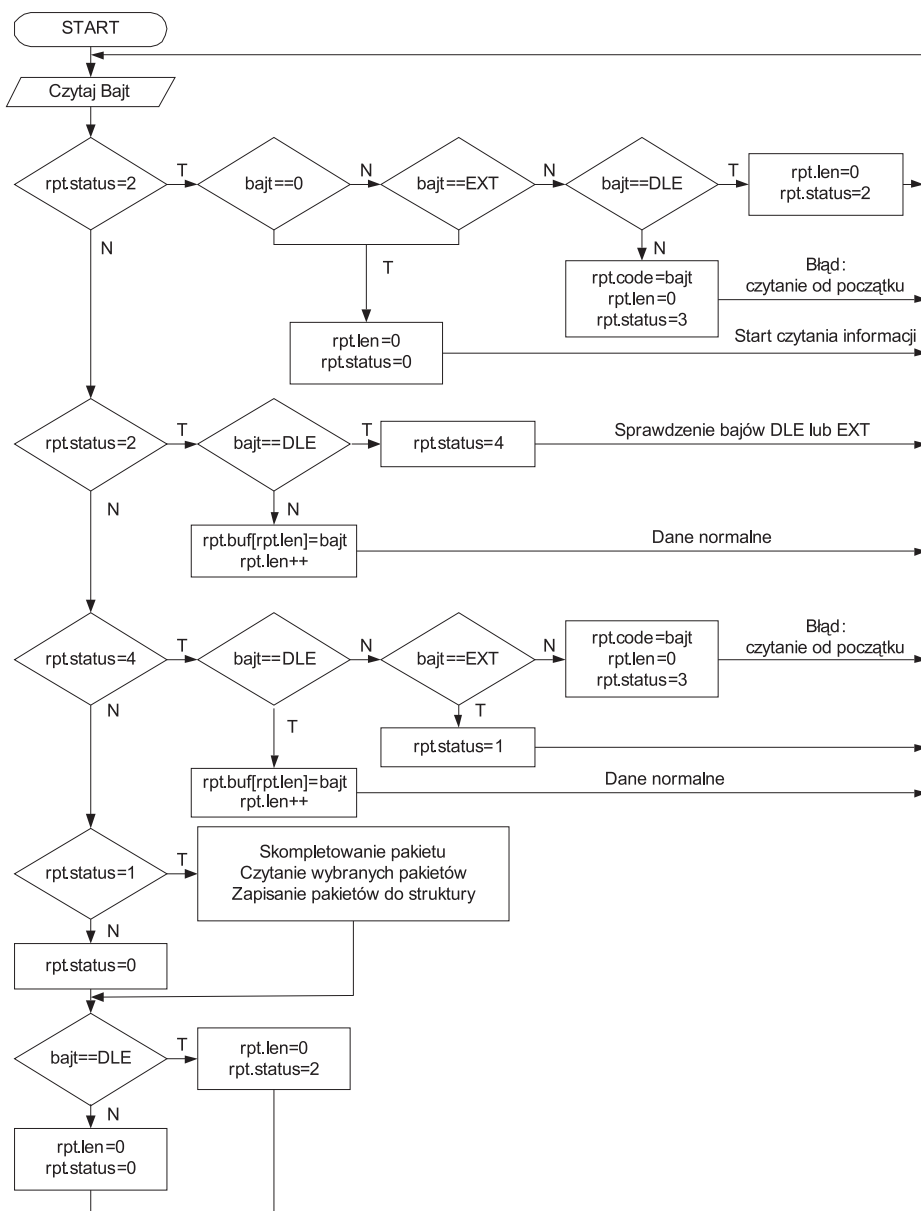
| Lp. | Zmienna | Opis | Format [jedn.] |
|-----|-------------|--|-------------------|
| 1. | XPos | współrzędna prostokątna x w układzie odniesienia UTM | unsigned long [m] |
| 2. | YPos | współrzędna prostokątna y w układzie odniesienia UTM | unsigned long [m] |
| 3. | HPos | współrzędna z w układzie odniesienia UTM | unsigned long [m] |
| 4. | DataCzasGPS | czas lokalny, przesunięcie w stosunku do UTC (<i>u nas 2h</i>) | time_t |
| 5. | LiczbaSat | liczba widocznych satelitów | char |
| 6. | Acc | dokładność wyznaczania pozycji błąd rozmycia DOP | double [m] |
| 7. | SlupUTM | numer słupa na siatce UTM | char |
| 8. | PasUTM | litera pasa na siatce UTM | char |
| 9. | LatiZestaw | szerokość geograficzna (+ szerokość północna) | double |
| 10. | LongiZestaw | długość geograficzna (+ długość wschodnia) | double |

Program na swoje potrzeby wykorzystuje dwa wątki. Jeden z nich to klasyczny zarządca zasobów odpowiedzialny za komunikację z innymi procesami, drugi natomiast jest odpowiedzialny za odbiór i dekodowanie komunikatów z odbiornika GPS w standardzie TSIP. Wątki komunikują się pomiędzy sobą za pośrednictwem struktury danych zawierającej zdekodowane informacje z komunikatów odbiornika GPS. Dostęp do struktury jest synchronizowany przy pomocy MUTEX-u. Do prawidłowego działania, program wymaga spełnienia następujących warunków:

1. Wstępnie skonfigurowanego portu szeregowego (szybkość, ilość bitów danych, stopu, parzystości itp.) tak, aby odbiór komunikatów z GPS-u odbywał się poprawnie. Przykładowa instrukcja konfiguracji portu: `stty par=odd bits=8 stopb=1 baud=9600 </dev/ser1`.
2. Odbiornika podłączonego do ww. portu i ustawionego tak, aby samodzielnie wysyłał komunikaty standardu TSIP.

Na rysunku 3.1 przedstawiono ogólny algorytm pracy, przy czym algorytm odczytywania zawartości pakietów TSIP pokazuje rysunek 3.2.

W tabeli 3.1 zestawiono zmienne zawarte w strukturze GPS i udostępniane innym procesom uruchomionym w systemie.



gdzie: <DLE><ID><Wiadomość><DLE><EXT> — format pakietu w protokole TSIP; <DLE> — bajt 0x10; <EXT> — bajt 0x03; <Wiadomość> — przesyłane w pakiecie informacje; rpt.len — długość wiadomości (zmienna len w strukturze rpt); rpt.status — przełącznik (zmienna status w strukturze rpt); rpt.code — kod wiadomości określa, który pakiet jest czytany (zmienna code w strukturze rpt).

Rys. 3.2. Algorytm odbioru pakietów w protokole TSIP

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z problematyką zastosowania technologii GPS w przeciwlotniczych zestawach artyleryjsko-rakietowych (PZA-R). Wybór modelu odbiornika GPS podyktowany był w szczególności parametrami technicznymi i eksploatacyjnymi (głównie gabarytami i zakresem temperatur pracy — $(-40^{\circ}\text{C} \div +85^{\circ}\text{C})$).

Przeprowadzone testy wykazały, że w przypadku zastosowania odbiornika GPS Lassen iQ lepszym rozwiązaniem wydaje się wykorzystanie protokołu binarnego TSIP. Podczas testowania oprogramowania w systemie czasu rzeczywistego QNX Neutrino zauważono, że w przypadku protokołu NMEA konieczne jest sprawdzenie znacznika CRC. Ponadto w przypadku chęci zmiany konfiguracji odbiornika konieczne było albo podłączenie drugiego kanału wymiany danych (skonfigurowanego dla protokołu TSIP), albo zmiana konfiguracji portu podstawowego wykorzystywanego do przesyłania danych w protokole NMEA. Należy tutaj dodać, że pierwsze rozwiązanie pozbawia komputer główny kolejnego portu RS232, drugie natomiast wprowadza dodatkowe komplikacje oprogramowania.

Obecnie na istniejących mapach polskich wprowadzane są nowe opisy określone standardami NATO. Stwarza to konieczność przystosowania użytkowanego w WP sprzętu do wymaganych standardów. Z tego powodu, wszystkie nowo powstające rozwiązania powinny uwzględniać wyżej wymienione standardy. Dlatego, wyświetlenie odebranej informacji o położeniu środka ogniowego w przedstawionym rozwiązaniu, głównie ze względów taktycznych zostało zrealizowane we współrzędnych prostokątnych zgodnie z wymogami NATO.

Przeprowadzone badania całego systemu kierowania ogniem dowiodły, iż proponowane rozwiązanie znacznie skraca czas dowiązania i orientowania zestawów przeciwlotniczych (zwłaszcza podczas pracy automatycznej). Ponadto cały proces jest znacznie prostszy, co z pewnością skróci czas szkolenia obsługi.

Artykuł wpłynął do redakcji 21.05.2007 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w styczniu 2008 r.

LITERATURA

- [1] P. DOBRZYŃSKI, H. DZIENISIEWICZ, M. JAWOROWICZ, W. KACZMAREK, W. MALESA, *Możliwość wykorzystania systemu nawigacji satelitarnej GPS do kierowania ogniem pododdziału artylerii przeciwlotniczej, materiały konferencyjne, V Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna CRAAS, Tarnów-Zakopane, 2003, 145-157.*
- [2] H. DZIENISIEWICZ, *Celowniki przeciwlotniczej broni lufowej*, skrypt WAT, Warszawa, 2000.
- [3] H. DZIENISIEWICZ, P. DOBRZYŃSKI, W. KACZMAREK, M. JAWOROWICZ, *Sposób dowiązania i orientowania zestawów przeciwlotniczych wg standardów NATO na przykładzie celownika CP-1, materiały konferencyjne, Konferencja Naukowa, Koszalin, 2004, 223-230.*

- [4] Instrukcja odbiornika GPS Lassen SQ firmy Trimble, USA, 2002.
- [5] W. KACZMAREK, *Metody dowiązania i orientowania przeciwlotniczych zestawów artyleryjsko-rakietowych wyposażonych w celownik CP-1*, Biul. WAT, vol. 54, 9, Warszawa, 2005.
- [6] W. KACZMAREK, J. PANASIUK, *Dowiązanie przeciwlotniczych zestawów artyleryjsko-rakietowych z wykorzystaniem odbiornika GPS Lassen iQ na platformie VIPER*, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna CRAAS, Kraków, 2005, 199-209.
- [7] J. W. KOBIERSKI, *Kierowanie ogniem naziemnych systemów obrony powietrznej*, AMW, Gdynia, Koszalin, 2004.
- [8] R. KRZEN, *The QNX Cookbook*.
- [9] J. LAMPARSKI, *Navstar GPS — od teorii do praktyki*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, 2001.
- [10] H. LEŚNIOK, *Wykłady z geodezji*, PAN, Warszawa, 1970.
- [11] K. SACHA, *QNX — system operacyjny*, Warszawa, 1995.
- [12] J. SADOWSKI, *Broń przeciwlotnicza*, Wydawnictwo Bellona, Warszawa, 2002.
- [13] *QNX Neutrino 2 — przewodnik użytkownika*, 2005.
- [14] Wydawnictwa Zarządu Topograficznego Sztabu Generalnego WP.

W. BOROWCZYK, W. KACZMAREK

Application of GPS data in anti-aircraft systems using LASSEN iQ receiver of Trimble firm as example

Abstract. In this paper, the TSIP (Trimble Standard Interface Protocol) and NMEA (National Marine Electronics Association) protocols, and the way of application of the normal coordinates system in NATO were presented. Moreover, the authors have shown how the information from GPS system is exploited in CP-1 (anti-aircraft sight).

Keywords: Global Positioning System (GPS), the TSIP and NMEA protocols, QNX Neutrino

Universal Decimal Classification: 527.62