

Mgr inż. Stanisław GRZYWIŃSKI
 Inż. Artur OLENDER
 Inż. Mateusz WÓJTOWICZ
 Inż. Wiktor ZIĘBA
 Wojskowa Akademia Techniczna

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.238

SYSTEM WSPOMAGANIA DOWODZENIA NA SZCZEBLU PODODDZIAŁU CZĘŚĆ 1. ROZWIĄZANIE SPRZĘTOWE

Streszczenie: W artykule przedstawiono projekt koncepcyjny urządzenia mechatronicznego przeznaczonego do wspomagania dowodzenia w czasie działań bojowych żołnierzy na polu walki.

SUB-UNIT LEVEL COMMAND SUPPORT SYSTEM PART 1. HARDWARE SOLUTION

Abstract: In this paper presents the conceptual design of mechatronic devices intended for command support during combat troops on the battlefield.

Słowa kluczowe: Raspbbery Pi, IMU, określanie współrzędnych
Keywords: Raspbbery Pi, IMU, determining the coordinates

1. WPROWADZENIE

Dzisiejsze pole walki wymaga szybkiego przepływu informacji między zaangażowanymi pododdziałami a ich dowódcami. Kluczowe znaczenie ma wiedza o położeniu żołnierzy i o sytuacji taktycznej, w jakiej się znajdują. Dzięki tym informacjom możliwe jest sprawne wydawanie poleceń podwładnym oraz poprawienie skuteczności ich działania. Powyższe czynniki są szczególnie istotne dla małych pododdziałów, tj.: pluton, drużyna, grupa antyterrorystyczna, które swoje zadania często wykonują w niesprzyjających warunkach (np. ograniczona widoczność, trudny teren działań).

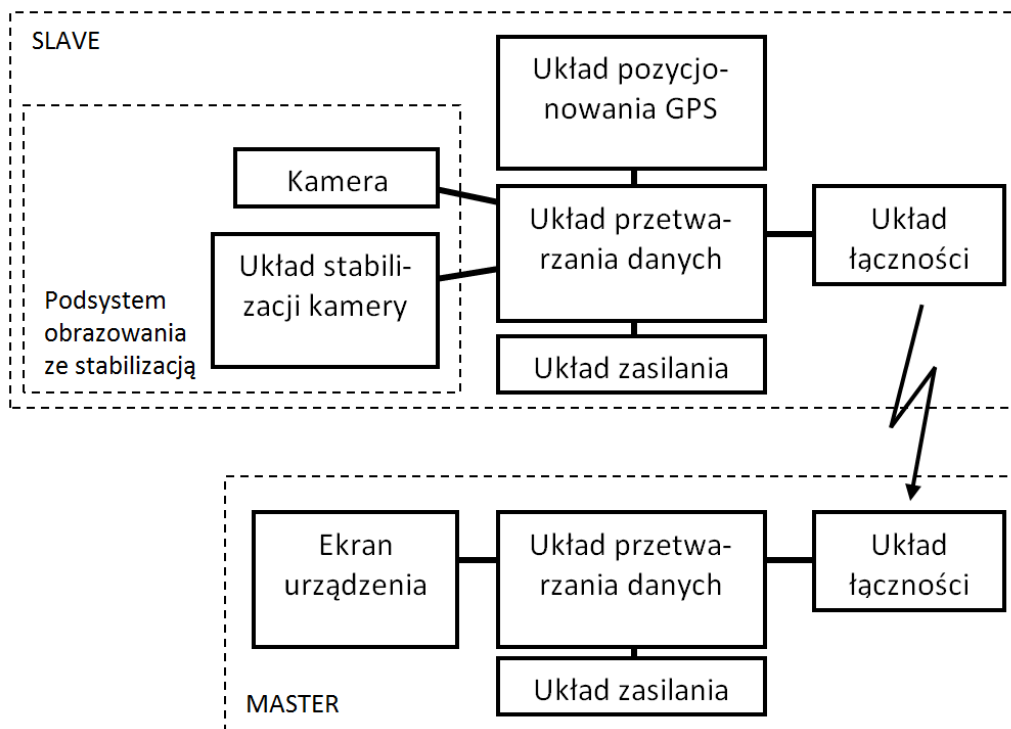
Kilka lat temu w Polsce uruchomiony został program pod kryptonimem TYTAN, którego celem jest opracowanie Zaawansowanego Indywidualnego Systemu Walki, czyli wyposażenia pojedynczego żołnierza w nowoczesny zestaw urządzeń wspierających jego działania bojowe. W programie TYTAN nie przewidziano jednak opracowania podsystemu wspierającego dowodzenie na szczeblu małego pododdziału, zadaniem którego byłoby określanie położenia żołnierza w terenie oraz zobrazowanie sytuacji taktycznej.

Z tego względu podjęto prace nad wykonaniem modelu systemu, który pozwoliłby zrealizować powyższe zadania. Określanie położenia i zobrazowanie sytuacji taktycznej zdecydowano się zrealizować przy wykorzystaniu coraz częściej stosowanych w militariach platform w układzie SoC działających pod kontrolą systemu operacyjnego opartego na jądrze *Linuxa*. Projekt koncepcyjny systemu umożliwiającego dowódcom pododdziałów wyświetlenie pozycji żołnierzy na mapie i podglądu ich obszaru działań w czasie

rzeczywistym oparto na zastosowaniu mikrokomputera, układu peryferiów oraz zaprojektowanego i zaimplementowanego oprogramowania.

2. KONCEPCJA I WYMAGANIA SYSTEMU

Przeznaczeniem opracowywanego projektu jest dostarczenie dowódcy pododdziałów informacji o działaniach podwładnych mu żołnierzy na polu walki. Ze względu na realizowane funkcje, w systemie wyróżnia się dwojaki rodzaj moduły: *master* i *slave*. Moduł *master* jest przeznaczony do zbierania informacji oraz ich zwizualizowania użytkownikowi. W obrębie konstrukcji modułu znajduje się układ nadawczo-odbiorczy, przetwarzania i wizualizacji. W module *slave* wyróżnia się: układ nadawczo-odbiorczy oraz układ czujników realizujący zadania lokalizacji i obserwacji. W systemie przewiduje się pracę typu *multi slave*, gdzie wiele modułów *slave* może przekazywać dane. Schemat funkcjonalny systemu wspomagania dowodzenia został przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny systemu wspomagania dowodzenia

Układ *slave* będzie wykorzystywał zaawansowany system pozycjonowania oparty na module GPS. Dzięki temu dowódca na module *master* będzie miał możliwość śledzenia położenia wszystkich członków pododdziału względem globalnego układu współrzędnych na ekranie. Podgląd sytuacji taktycznej zrealizowano poprzez wykorzystanie kamery wraz z układem automatycznej stabilizacji. Poprzez wykorzystanie systemu wspomagania dowódca zyska możliwość spojrzenia na sytuację taktyczną oczami swoich żołnierzy. Obie informacje zebrane z czujników pomiarowych dostarczone zostaną do przełożonego w czasie rzeczywistym, przez co umożliwią mu szybkie podejmowanie decyzji oraz ułatwią i przyspieszą proces dowodzenia. Za transmisję danych z GPS oraz kamery nadajnika odpowiada lokalna sieć bezprzewodowa (WLAN – ang. *Wireless Local Area Network*). Projekt zakłada wykorzystanie systemu na szczeblu drużyny, ułatwiając przeprowadzanie operacji niewielkim pododdziałom. System wykorzystany w pododdziałach plutonu, czy drużyny nie został jeszcze opracowany i wyprodukowany. Sprawia to, że koncepcja wykorzystania takiego urządzenia jest innowacyjna w dziedzinie techniki wojskowej.

Koncepcja systemu zakłada wykorzystanie ww. nadajnika przez wszystkich żołnierzy pododdziału. Urządzenie to ma być zamontowane na hełmie żołnierza prowadzącego działania taktyczne, natomiast dowódca miałby śledzić poczynania swojego pododdziału poza strefą niebezpieczną na ekranie odbiornika (rys. 2).



Rys. 2. Wirtualny model 3D układu nadawczego

Po przeanalizowaniu dostępnych rozwiązań w dziedzinie lokalizacji oraz prowadzenia podglądu działań na współczesnym polu walki możliwe było postawienie systemowi wymagań.

Nadajnik systemu powinien być:

- tani – koszt budowy urządzenia (części) nie powinien przekroczyć 1000 zł,
- mały – wymiary urządzenia powinny umożliwić jego zamocowanie na hełmie i nie powinny przekraczać $25 \times 25 \times 25$ cm,
- lekki – waga urządzenia nie powinna przekraczać 500 g,
- automatyczny i prosty w obsłudze – urządzenie do rozpoczęcia pracy powinno potrzebować wyłącznie włączenia zasilania, ładowanie baterii nie powinno wymagać specjalnego wyposażenia.

Ponadto powinien zapewnić:

- odbiór danych z GPS i ich transmisję do odbiornika,
- generowanie podglądu wideo i jego transmisję do odbiornika z jak najmniejszym opóźnieniem,
- niski pobór energii,
- możliwość pracy w trudnych warunkach atmosferycznych,
- łatwą wymianę i demontaż elementów.

Zdalny terminal dowódcy powinien:

- zapewnić możliwość odbioru obrazu oraz danych o położeniu z GPS,
- zapewnić możliwość odbioru danych z kilku źródeł,
- zapewnić możliwość zapisu obrazów w postaci zdjęć w formie cyfrowej do późniejszego wykorzystania w meldunkach i raportach.

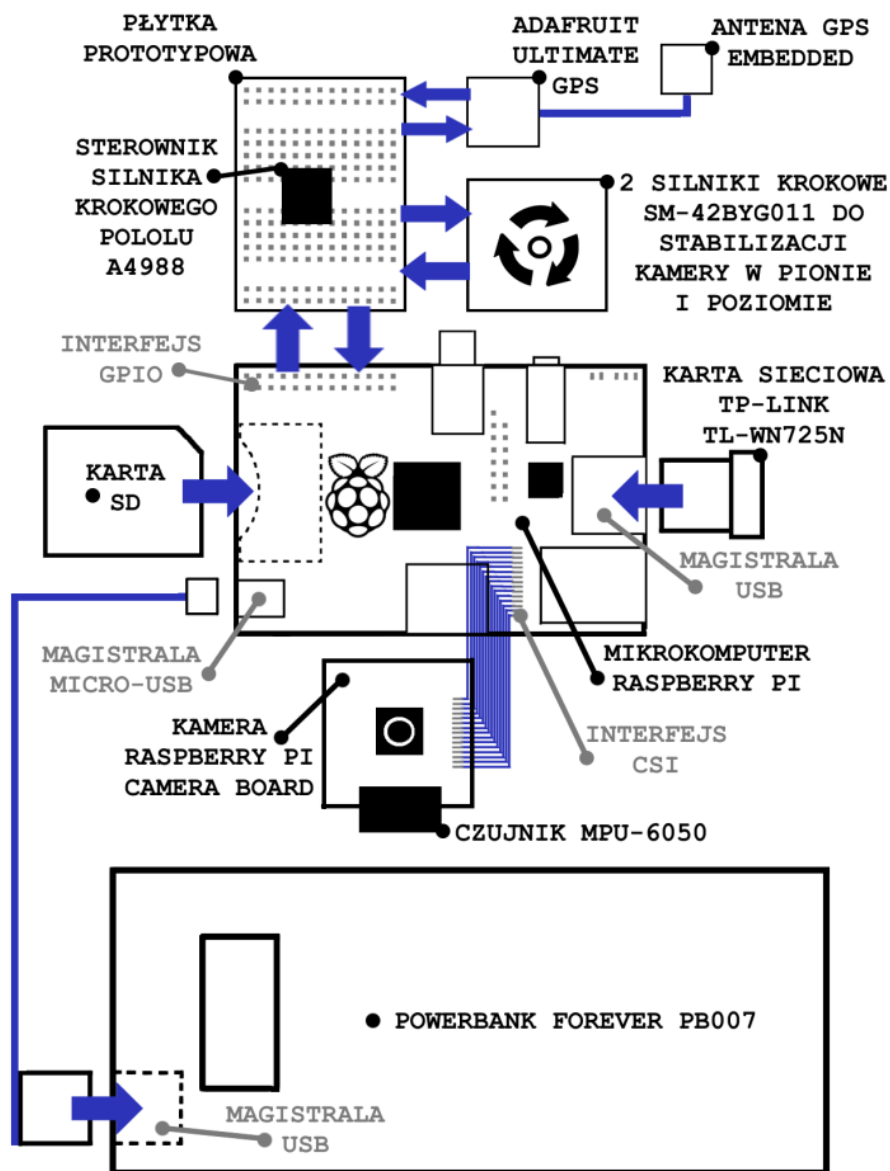
Całość systemu powinna być także podatna na przyszłe modyfikacje, aby umożliwić opcję dostosowania systemu do potrzeb użytkownika.

3. ROZWIĄZANIA SPRZĘTOWE

3.1. Układ slave

Schematyczny modelu połączenia wszystkich elementów nadajnika wraz z mikrokomputerem przedstawiono na rys. 3. Dane obierane z układu określania współrzędnych przekazywane są przez interfejs UART do demona GPS, gdzie na podstawie protokołu NMEA-0183

przetwarzane są do postaci umożliwiającej wyświetlenie ich w czasie rzeczywistym na mapie. Obraz z kamery również przesyłany jest w czasie rzeczywistym przez interfejs CSI do jednostki centralnej, na której znajduje się program MJPG Streamer dający możliwość odbioru obrazu na stronie www. Dzięki zastosowaniu czujników IMU możliwa jest stabilizacja kamery. Proces ten odbywa się z wykorzystaniem dwóch silników krokowych. Zapewniają one korekcję zarówno w osi x, jak i y, co ma bezpośredni wpływ na poprawę jakości odbieranego obrazu. Dane ze strony www znajdują się na serwerze danych, co umożliwia ich odbiór przez wiele urządzeń jednocześnie.



Rys. 3. Schemat budowy układu nadawczego

Wymagana funkcjonalność urządzenia nadawczego została zapewniona przez:

- **Sterownik mikroprocesorowy** – mikrokomputer Raspberry Pi (RPi) model B. Raspberry Pi to komputer typu SBC (ang. *Single Board Computer*), tj. kompletny komputer zbudowany na jednej płytce drukowanej [1]. RPi został zaprojektowany jako alternatywa dla dużych, drogich komputerów stacjonarnych i wykorzystuje procesor multimedialny z rodziny ARM11 typu SoC (ang. *System on Chip*) firmy Broadcom BCM2835 [2]. Układ przetwarzania danych jest „rdzeniem” urządzenia, zapewnia sprawną obsługę

oprogramowania kamery oraz układu łączności. RPi spełnia wszystkie postawione wymagania. Procesor o częstotliwości 700 MHz oraz 512 MB pamięci SDRAM (ang. *Synchronous Dynamic Random Access Memory*) z wystarczającym zapasem umożliwią działanie wszystkich zaimplementowanych algorytmów [11]. Mikrokomputer dodatkowo wyposażony jest w zestaw interfejsów, takich jak USB (ang. *Universal Serial Bus*), GPIO (ang. *General Purpose Input/Output*), UART (ang. *Universal Asynchronous Receiver and Transmitter*), CSI (ang. *Camera Serial Interface*), SPI (ang. *Serial Peripheral Interface*) oraz I²C (ang. *Inter-Integrated Circuit*), co umożliwia rekonfigurację oraz wykorzystanie dodatkowych urządzeń. Taka funkcjonalność pozwala w prosty sposób modyfikować i rozwijać zaprojektowany system.

- **Czujnik GPS** – Adafruit Ultimate GPS (ang. *Global Positioning System*) – moduł GPS MTK3339 [3]. Moduł Adafruit Ultimate to odbiornik GPS wykorzystujący technikę globalnego pozycjonowania. Moduł ten cechuje się małym zapotrzebowaniem na zasilanie. Wymagane napięcie zasilania to 3,0÷5,5 V. W procesie poszukiwania satelitów pobór prądu wynosi 25 mA, natomiast w przypadku samej nawigacji jest to 20 mA. Moduł ten do komunikacji wykorzystuje protokół NMEA 0183, 9600 bps, a jego parametry dają mu dokładność pozycji poniżej 3 m. Czulość urządzenia to -165 dBm, a odbierane dane są odświeżane z częstotliwością 10 Hz. Odbiornik ten ma możliwość śledzenia do 22 satelitów.
- **Układ łączności** – karta sieciowa TL-WN725N firmy TP-Link. TL-WN725N to bezprzewodowa karta sieciowa wyposażona w złącze USB 2.0. Urządzenie pozwala na transmisję danych z prędkością do 150 Mbps w standardzie IEEE (ang. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.11n, co pozwala na transmisję zarejestrowanych danych w czasie rzeczywistym [6]. Karta ma wymiary 7,1 × 18,6 × 15 mm i wagę równą 2,1 g, dzięki czemu nie wpływa na gabaryty i masę systemu.
- **Kamera** – Raspberry Pi Camera Board. Jest to dedykowana kamera do mikrokomputera RPi, która pozwala rejestrować obraz w rozdzielczości 2647 × 1944. Pełne wykorzystanie możliwości kamery zapewnia wbudowane w mikrokomputer 15-pinowe złącze CSI [7]. Kamera ma wymiary 20 × 25 × 9 mm i waży tylko 3g, co dodatkowo uzasadnia wybór tego właśnie urządzenia do przenośnego systemu obserwacji.
- **Czujnik IMU** – czujnik MPU-6050 [8] w technologii MEMS umieszczony na module mod10DOF_2. Czujnik ten zawiera 3-osiowy akcelerometr i żyroskop. Ponadto wyposażony jest w kompas cyfrowy oraz barometr. Do komunikacji z procesorem wykorzystano interfejs I2C. Zakres pomiarowy akcelerometru to ±2 g, ±4 g, ±8 g, ±16 g. Zakres pomiarowy żyroskopu to ±250 °/s, ±500°/s, ±1000°/s, ±2000°/s. Rozdzielczość dla każdej osi wynosi 16 bitów, co pozwala z dużą dokładnością określić parametry kinematyczne.
- **Sterownik silnika krokowego** – Pololu A4988 [9]. Sterownik zasilany jest napięciem 5 V, natomiast jest w stanie pracować z silnikami krokowymi o napięciach zasilania w zakresie od 8 do 35 V. Posiada 5 trybów pracy: pełny krok, 1/2 kroku, 1/4 kroku, 1/8 kroku oraz 1/16 kroku. Wymiary modułu wynoszą 15,2 × 20,3 mm.
- **Układ zasilania** – PowerBank Forever PB007 – mobilny akumulator o pojemności 13 400 mAh służący do zasilania bądź ładowania urządzeń przenośnych. Posiada komplet popularnych złączy w tym microUSB i miniUSB, które pozwalają zasilić minikomputer Raspberry Pi. Układ zasilania posiada wyświetlacz LCD umożliwiający monitorowanie stanu naładowania baterii [5].

3.2. Układ master

Dzięki wykorzystaniu protokołu HTTP oraz języka programowania HTML5 będącego nowym standardem storn WWW (ang. *World Wide Web*) odbiór danych transmitowanych strumieniowo z modułu *slave* możliwy jest na każdym urządzeniu posiadającym kartę sieciową obsługującą transmisję Wi-Fi oraz przeglądarkę internetową kompatybilną z językiem HTML5. Wybór takich technologii umożliwi dowódcom pododdziału dobór specyfikacji odbiornika bezpośrednio do potrzeb przeprowadzanych operacji. W zależności od potrzeb operacji może się on charakteryzować zwiększoną odpornością lub zmniejszonym rozmiarem i masą, co zapewni odpowiednią mobilność. Układem *master* może być przykładowo komputer przenośny, tablet, a nawet telefon komórkowy oparty na systemie android, iOS lub Windows.

4. PODSUMOWANIE

Powstały podczas projektu moduł *slave* Systemu Wspomagania Dowodzenia spełnia wszystkie postawione mu funkcje. Do rozpoczęcia jego pracy należy włączyć tylko zasilanie baterii. Po 60 s od włączenia zasilania urządzenie łączy się z siecią WLAN utworzoną przez nadajnik systemu. Odbieranie transmitowanych danych odbywa się automatycznie. Waga modelu nadajnika to około 600 g. Całkowita cena nadajnika systemu nie przekracza 900 zł. Dzięki wykorzystaniu programowalnego mikrokomputera ze standardowymi interfejsami i portami możliwy jest rozwój urządzenia poprzez zmianę lub dodanie podzespołów funkcjonalnych. Opracowany model – demonstrator może być podstawą do opracowania, innowacyjnego w technice wojskowej, systemu obserwacji sytuacji taktycznej.

*Praca finansowana ze środków Prorektora ds. studenckich WAT
jako projekt studencki realizowany w RA 2014-2015.*

LITERATURA

- [1] <http://malinowepi.pl/page/4>.
- [2] Upton E., Halfacree G.: *Raspberry Pi. Przewodnik użytkownika*, HELION, Gliwice 2013.
- [3] <http://botland.com.pl/>.
- [4] <http://www.dobreprogramy.pl/cyryllo/Raspberry-Pi-Piny-GPIO-i-inne-zlacza,51388.html/>.
- [5] <http://botland.com.pl/produkty-wycofane/2284-mobilna-bateria-powerbank-forever-pb007-13400-mah-ladowarka.html>.
- [6] <http://www.tp-link.com.pl/products/details/?model=TL-WN725N>.
- [7] <https://www.modmypi.com/raspberry-pi-camera-board>.
- [8] MPU-6000/MPU-6050 Product Specification.
- [9] <https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/SM-42BYG011-25.pdf>.
- [10] https://www.pololu.com/file/download/a4988_DMOS_microstepping_driver_with_translator.pdf?file_id=0J450.
- [11] Grzywiński S., Olender A., Wójtowicz M., Zięba W.: *System wspomagania dowodzenia na szczeblu pododdziału. Cz. 2. Rozwiązania programowe, materiały konferencyjne*, Tom 1, XIX Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, 11-15 maja, Jurata 2015.