

## PROTOTYP BEZPRZEWODOWEGO SYSTEMU INFORMACYJNEGO DO MONITOROWANIA I ALARMOWANIA O STANIE STATKU

Mariusz DĄBKOWSKI<sup>1</sup>, Łukasz HAPKE<sup>2</sup>

1. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
tel.: 58 347 24 73 e-mail: mariusz.dabkowski@pg.gda.pl
2. Enamor Sp. z o.o.  
tel.: 58 690 17 31, e-mail: hasacul@gmail.com

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono opis projektu i realizacji praktycznej prototypu urządzenia informacyjnego do bezprzewodowej wymiany danych pomiędzy systemami pokładowymi statku a telefonem lub tabletem z zainstalowanym systemem Android. Przedstawione urządzenie ma charakter doradczy i służy jedynie do monitorowania i ewentualnego alarmowania użytkownika o przekroczonym poziomie dopuszczalnym wartości mierzonej. Opisano dostępne dotychczas na rynku rozwiązania w tym zakresie. Opisano pokrótce protokół NMEA służący do wymiany danych pomiędzy urządzeniami na statku. Przetawiono krótko strukturę części sprzętowej urządzenia. Opisano algorytm działania warstwy programowej do monitorowania i alarmowania użytkownika oraz przedstawiono jej strukturę. W podsumowaniu opisano wstępne wyniki testów weryfikacyjnych działania powstałego prototypu dokonane za pomocą aplikacji komputerowej wysyłającej symulowane informacje o głębokości do urządzenia mobilnego za pośrednictwem modułu zamieniającego sygnał szeregowy RS232 na zgodny z protokołem TCP/IP. Uwypuklono cechy wyróżniające go na tle konkurencyjnych rozwiązań.

**Słowa kluczowe:** statek, protokół NMEA, monitoring stanu obiektu.

### 1. WSTĘP

#### 1.1. Dotychczasowe rozwiązania służące do monitorowania stanu statku

Na pokładach jednostek pływających zachodzi konieczność monitorowania danych pomiarowych pochodzących z dużej liczby rozproszonych po całym statku urządzeń realizujących różne, często złożone procesy. Dane pomiarowe wykorzystywane mogą być zarówno do monitorowania przebiegu zachodzących procesów, jak również do ich sterowania. Do parametrów takich należą między innymi: procentowy poziom wypełnienia ładowni, poziom paliwa, stan pracy silnika (np.: prędkość obrotowa) lub agregatów. Wymiana danych pomiędzy różnymi urządzeniami jest zależna w dużej mierze od producentów. W dokumentacji technicznej przyrządu zawarta jest informacja o obsługiwanych protokołach i warstwie fizycznej. Liczba istniejących sposobów wymiany danych wymaga dobrania poszczególnych elementów do siebie. W ogólności sygnały z różnorodnych czujników muszą w dalszej kolejności zostać przesłane do elementu przetwarzającego, który przekaże je do następnego odpowiedzialnego za wizualizację danych pomiarowych. Najczęściej stosowanymi protokołami komunikacyjnymi

na statkach są: Modbus i NMEA w wersjach NMEA0183 i NMEA2000 [1, 2, 3] wykorzystujące w warstwie fizycznej łącza RS232 i RS485 [4, 5, 6].

Na rynku dostępne są w sprzedaży urządzenia o charakterze informacyjnym (doradczym) do użytku na małych jednostkach pływających, takich jak jachty odczytujące i pozwalające w sposób bezprzewodowy przesyłać informacje z systemów współpracujących przede wszystkim z protokołem NMEA. Jednym z takich systemów jest SSWiFi-G2 firmy *SeaSmart*. Pozwala na podłączenie jednego urządzenia (lub stacji centralnej) komunikującego się za pomocą protokołu NMEA2000 oraz NMEA0183 (łącze RS232), natomiast po stronie wyjściowej komunikuje się z odbiornikami w standardzie WiFi w wersji 802.11 b/g. Dane są wyświetlane za pośrednictwem strony internetowej [6, 7].

Innym urządzeniem, które dostarcza danych pomiarowych o stanie jachtu jest NMEA-2-WIFI firmy Comar Systems. Posiada ono dwa wejścia dla standardu NMEA0183, które są multipleksowane, a dane przesyłane są za pomocą sieci WiFi. Może jednak odbierać dane tylko z jednego urządzenia w danym czasie. Urządzenie łączy się z dedykowaną aplikacją pracującą w systemie iOS firmy Apple [6, 8].

Dodatkowo na rynku można znaleźć oprogramowanie dedykowane do odczytu i wizualizacji danych pochodzących z urządzeń pokładowych statków. Przykładem mogą być aplikacje *iRegatta* oraz *SkippersEye*, jednak są one przeznaczone do pracy w systemie iOS firmy Apple [6].

W artykule przedstawiono opis prototypu dodatkowego (w stosunku do istniejących na statkach systemów pomiarowych) urządzenia informacyjnego, znacznie przewyższającego swymi możliwościami dostępne na rynku. Zaprojektowano i wykonano z myślą o ewentualnej przyszłej pracy na dużych jednostkach (np.: handlowych), które posiadają bardzo dużą liczbę urządzeń pomiarowych, czyli bardzo dużą ilość informacji do przesłania obsłudze uzupełniając i wspomagając pracę dotychczas zainstalowanych przewodowych systemów pomiarowych. Opisany w dalszych rozdziałach prototyp zrealizowany we współpracy z firmą Enamor Sp. z o.o. pozwala na komunikowanie się z 6 urządzeniami jednocześnie, obsługę 14 z 16 wybranych (spośród kilkudziesięciu) nagłówków istniejących w protokole NMEA oraz przekazywania ich bezprzewodowo wielu użytkownikom. Dodatkowo, ze względu na przewagę użycia systemu operacyjnego

Android na rynku sprzętu mobilnego (78% w 2015 r.) w stosunku do iOS (18,3% w 2015 r.), uznano za uzasadnione zaprojektować aplikację wizualizacyjną, która będzie pracowała właśnie w tym pierwszym środowisku [6].

### 1.2. Opis protokołu NMEA

Jak już wspomniano większość producentów urządzeń przeznaczonych do pracy na statkach produkuje urządzenia zgodne z wymaganiami normy NMEA. Standard NMEA wykorzystywany jest w urządzeniach wysyłających dane do wielu odbiorców. Dane zapisywane są w formacie ASCII i wysyłane z danego urządzenia z maksymalną częstotliwością 1 Hz. Standard nie określa ściśle liczby podłączanych urządzeń. Zależy ona od możliwości sieci łączącej poszczególne elementy. Do transmisji wykorzystywane są dwa przewody: A i B. Prędkość transmisji wynosi 4800 baudów. Pierwszym jest bit startu (logiczne „0”), następnie przesyłanych jest 8 bitów danych oraz bit stopu (logiczne „1”) [1, 6].

Komunikat ma następującą strukturę:

$\$cccc,c-c*hh<CR><LF>$

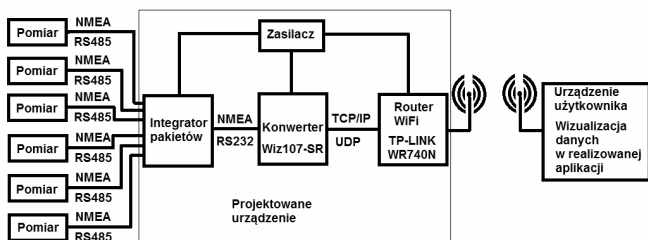
gdzie:

- „\$cccc” – znacznik początku, a dalej pole adresowe – dwa znaki identyfikują nadawcę, trzy kolejne typ komunikatu;
- „,,” – znak podziału pola;
- „c—c” – blok danych;
- „,\*” – znacznik rozpoczęcia sumy kontrolnej;
- „hh” – dwa znaki sumy kontrolnej;
- „<CR><LF>” – znaczniki przejścia do nowej linii i powrotu karetki [1, 2, 3, 6].

Komunikat może mieć zróżnicowaną długość, jednak maksymalnie może zawierać 82 znaki (łącznie z dwoma znakami specjalnymi na początku i końcu linii). Ramka musi zawierać minimalnie jedno pole ze względu na konieczność podania adresu urządzenia. Inne pola mogą mieć zerową długość. Komunikat może zawierać znaki alfanumeryczne bądź cyfry. Liczby składają się z części całkowitej i ułamkowej oddzielonej kropką. W następnej części ramki zawarte jest pole sumy kontrolnej poprzedzonej „,\*”. Zapisywany jest tam wynik operacji XOR przeprowadzonej dla wszystkich bitów zawartych w komunikacie pomiędzy znacznikiem początku „\$” i „!”, a znacznikiem końca danych „,\*” (wartość bitowa zamieniona jest na dwa znaki w kodzie ASCII). Na końcu znajduje się znacznik powrotu karetki [1, 2, 3, 6].

## 2. OPIS CZĘŚCI SPRZĘTOWEJ SYSTEMU

Na rysunku 1 przedstawiono schemat blokowy urządzenia do bezprzewodowego przesyłania danych pomiarowych z urządzeń statku do telefonów bądź tabletów.



Rys. 1. Schemat blokowy urządzenia do przesyłania danych pomiarowych z urządzeń statku do odbiorników mobilnych [6]

Część sprzętowa urządzenia składa się z następujących elementów: obudowy, modułu zasilania, routera WiFi, multipleksera (integratora) doprowadzonych przewodowo sygnałów i konwertera sygnału Wiz107-SR [6, 9].

Obudowa jest bardzo ważnym elementem chroniącym układy umieszczone wewnątrz przed szczególnie niekorzystnymi warunkami panującymi na morzu związanymi przede wszystkim z dużą wilgotnością i drganiami/ wychyleniami kadłuba. Dobrano obudowę aluminiową o grubości 4 mm i wymiarach 160x360x90 mm. Do przeprowadzenia przewodów łączeniowych przez ścianki obudowy wykorzystano dławice. Ze względu na prototypową konstrukcję urządzenia nie brano pod uwagę aspektu zapewnienia odpowiedniej szczelności, aczkolwiek w ewentualnej docelowej konstrukcji będzie ona musiała być wzięta pod uwagę. Urządzenie w założeniu nie miało być montowane na otwartym pokładzie. [6].

Moduł zasilania zasilają wszystkie elementy elektroniczne napięciem stałym o wartości 24 V i musi być zabezpieczony przed przepięciami. Jego wydajność prądowa musi pokrywać zapotrzebowanie wszystkich modułów wchodzących w skład urządzenia. Dobrano zasilacz impulsowy RD-35B zasilany z sieci jednofazowej i posiadający dwa wyjścia stałoprądowe: 5 V i 24 V. Moduł komunikacji bezprzewodowej zasilono napięciem 9V po odpowiednim przeregulowaniu przetwornicy w zasilaczu. Pobór prądu na linii 9 V wyniósł 0,75 A, natomiast na linii 24 V niespełna 0,3 A. Stąd też dobrano bezpieczniki o wartościach odpowiednio 1 A i 0,5 A [6].

Router bezprzewodowy dobrano tak, by zapewniać stabilną komunikację w niekorzystnym, pełnym zakłóceń elektromagnetycznych, środowisku, gdzie wszystkie elementy konstrukcyjne są wykonane z metalu. Wybrano sprzęt TP-LINK WR-740N, który pozwala na pracę w standardzie 802.11b/g/n. Fabryczną antenę (moc 5dB) zastąpiono dołączoną do obudowy o mocy 9dB. Urządzenie posiada 4 porty LAN i jeden port WAN [6].

Ze względu na dużą liczbę urządzeń pokładowych konieczne jest jednoczesne odbieranie kilku sygnałów. Do tego celu wykorzystuje się multipleksier zwany „sumatorem”. Zbiera on sygnały pochodzące z różnych urządzeń i przekazuje dalej jako jeden. Zdecydowano się na moduł wyprodukowany przez firmę Enamor. Umożliwia on podłączenia 6 niezależnych urządzeń. Każde doprowadzenie posiada dwa przewody ze względu na wykorzystywanie przez urządzenia pomiarowe protokołu komunikacyjnego: NMEA0183 z użyciem RS485 [6, 10].

Wejścia są odseparowane od siebie galwanicznie. Do wyjścia urządzenia wprowadzony jest pojedynczy sygnał zgodny ze standardem RS232 i RS485. Zbieranie danych w trybie domyślnym realizowane jest z prędkością 4800 b/s, wysyłanie danych natomiast z prędkością 57600 b/s. Istnieje możliwość zwiększenia prędkości akwizycji danych poprzez zmniejszenie liczby obsługiwanych urządzeń. Dodatkową funkcją sumatora jest sprawdzanie poprawności przychodzących danych i wykorzystywanie jedynie informacji zgodnych z protokołem komunikacyjnym NMEA. „Sumator” zasilany jest napięciem stałym o wartości z zakresu 18-36 V [6, 9].

Sygnały dostarczane przez urządzenia pomiarowe przesyłane są w formacie NMEA0183 i muszą zostać przekonwertowane w taki sposób, aby mogły być odczytane na ekranach tabletów i telefonów. W sieci WiFi, którą przesyłany jest do nich sygnał, ramki mają format zgodny z protokołem TCP/IP oraz UDP. Stąd też konieczne jest

użycie elementu pośredniczącego konwertującego postać sygnału. Do tego celu dobrano moduł Wiz107-SR firmy WIZnet, który zamienia sygnał zgodny z protokołem RS232 na zgodny z protokołem TCP/IP. Dodatkowo zaprojektowano i wykonano układ obniżający napięcie do standardu TTL 3,3 V odpowiedniego dla dobranego modułu [6, 10].

### 3. WARSTWA APLIKACYJNA SYSTEMU

Drugim, niemniej ważnym elementem systemu jest warstwa programowa, która odpowiada za odczytywanie danych z urządzeń pokładowych, interpretowanie ich i wizualizację oraz kontrolowanie przebiegu wartości parametrów i sygnalizowanie stanów przekroczenia dozwolonych wartości. Grafika części wizualizacyjnej powinna być czytelna, a cały program powinien odznaczać się możliwie najkrótszym czasem reakcji na przychodzące informacje i działać płynnie przy jak największej liczbie obsługiwanych urządzeń, a także umożliwiać personalizację alarmów. Dodatkowo musi pracować w środowisku Android i być zrealizowany w sposób pozwalający go łatwo rozbudować. Na rysunku 2 przedstawiono schemat blokowy działania aplikacji [6].



Rys. 2. Schemat blokowy działania warstwy programowej [6]

Cała warstwa aplikacyjna powstała w bezpłatnym środowisku Android Studio i można ją podzielić na trzy części:

- część odpowiedzialna za odbieranie danych,
- część odpowiedzialna za przedstawienie danych,
- część odpowiedzialna za alarmowanie użytkownika [6].

Działanie pierwszej z powyższych przedstawiono w sposób blokowy na rysunku 3 [6].



Rys. 3. Schemat blokowy działania części odbierającej dane [6]

Głównym celem tej części kodu źródłowego oprogramowania jest nawiązanie połączenia TCP/IP, odbiór asynchronicznie wysyłanych danych, a następnie ich podział w zależności od rodzaju urządzenia źródłowego. Ze względu na różnice w postaci ramek, w zależności od źródła pochodzenia, przygotowano wiele scenariuszy zachowania aplikacji. Część ta pracuje w sposób ciągły, by cyklicznie sprawdzać, czy w buforze nie znajdują się nadchodzące w sposób niedeterministyczny dane, które należy poddać

obróbce. Postać nagłówka ramki zależy od rodzaju urządzenia nadawczego, co automatycznie go identyfikuje. Na wstępie komunikat zostaje sprawdzony pod względem poprawności, co określa suma kontrolna CRC. Następnie, jeśli komunikat jest prawidłowy, zostaje podzielony i zinterpretowany. Na podstawie norm i dokumentacji technicznej wybrano 16 nagłówków do odbioru i interpretacji. Są to [1, 6]:

- EFCM – Fuel Consumption Monitor (system monitorowania zużycia paliwa);
- EPM – Electric Power Monitor (system monitorowania energii elektrycznej);
- ETRIM – Trim Measurement System (system pomiaru trymu);
- ETNP – Propulsion Control Assistance System (system wspomagania kontroli napędu);
- DBT – Depth Below Transducer (głębokość);
- RSA – Rudder Sensor Angle (kąt wychylenia steru);
- GLL – Geographic Position Latitude/Longitude (pozycja geograficzna);
- ZDA – Time & Date (czas i data);
- VHW – Water Speed and Heading (prędkość względem wody i kierunek);
- HDT – Heading, True (kurs rzeczywisty);
- VLW – Dual Ground/Water Distance (dystans względem ziemi i wody);
- MWD – Wind Direction & Speed (kierunek i prędkość wiatru);
- VTG – Course Over Ground & Ground Speed (kurs oraz prędkość względem ziemi);
- MWV – Wind Speed & Angle (prędkość i kąt wiatru);
- HDG – Heading, Deviation & Variation (kierunek, przesunięcie oraz deklinacja);
- MTW – Water Temperature (temperatura wody).

Pełen opis parametrów zawartych w pakietach identyfikowanych przez powyższe nagłówki można znaleźć w [1, 6]. Zaprojektowana aplikacja obsługuje 14 z nich, bez HDG oraz MTW.

Drugą częścią oprogramowania jest ekran operatora, na którym wyświetlane są otrzymane przez urządzenie mobilne dane. Dla każdego z podłączonych urządzeń nadawczych zaprojektowano osobną zakładkę, w której wyświetlane są informacje tylko o określonym prefiksie (czyli dla ściśle określonego urządzenia). Konstrukcja poszczególnych fragmentów widoków jest projektowana zgodnie z normą NMEA0183 Standard for Interfacing Marine Electronic Devices z roku 2012 i dokumentacją techniczną systemów ETNP10, EFCM, EPM i ETRIM produkowanych przez firmę Enamor. Część danych prezentowana jest w sposób graficzny na wskaźniku podobnym do prędkościomierza w celu łatwiejszej interpretacji. Zaprojektowano również przyciski, które pozwalają na dostosowanie aplikacji i alarmów do potrzeb obsługi. Ta część aplikacji działa w sposób asynchroniczny, zależnie od ingerencji użytkownika oraz przychodzących danych.

Należy dodać, że w trakcie realizacji aplikacji dostosowano jej wygląd do różnych rozdzielczości, co pozwala na bezproblemową obsługę programu na szerokim wachlarzu urządzeń mobilnych. Została ona również zabezpieczona przed wystąpieniem nieprawidłowych danych [6].

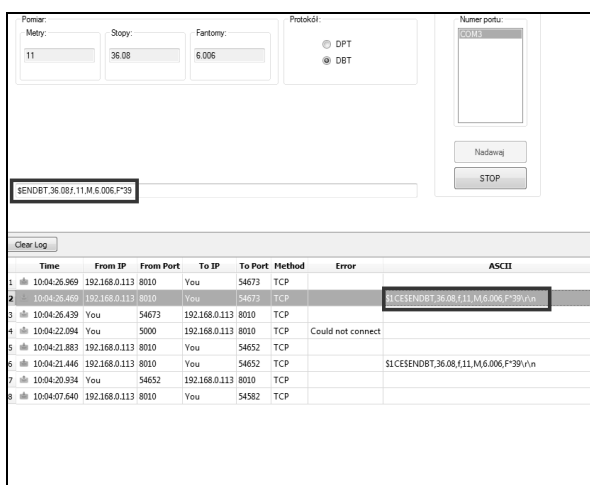
Trzecia część aplikacji pozwala na swobodne ustawienie alarmu przekroczenia wartości zadanej określonej

wielkości. Czynność ta realizowana jest w specjalnej zakładce przez użytkownika. Możliwe jest ustawienie alarmu dla każdego urządzenia oddzielnie. Zaprojektowano dwa w pełni konfigurowalne poziomy alarmowe: żółty i czerwony, sygnalizowane odpowiednimi różnymi sygnałami dźwiękowymi (oraz wibracją, jeśli jest dostępna w urządzeniu). Wielkość podlegająca sprawdzeniu jest oznaczana za pomocą flagi. W celu wyeliminowania wielokrotnego włączania alarmu w krótkich odstępach czasu podczas wahań wartości wielkości sprawdzanej w otoczeniu poziomu alarmowego, zastosowano mechanizm histerezy [6].

#### 4. BADANIA WERYFIKACYJNE

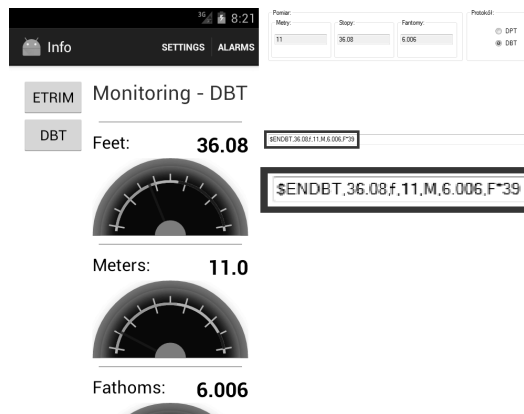
Badania weryfikacyjne przeprowadzono dwuetapowo. Najpierw sprawdzono poprawność działania warstwy sprzętowej, a ściślej poprawność wysyłania i odbierania danych. W następnej kolejności sprawdzono działanie warstwy aplikacyjnej.

Testy urządzenia rozpoczęto od konfiguracji modułu Wiz107SR opisanego w rozdziale 2, która przebiegła pomyślnie. Następnie podłączono wykonane urządzenie do komputera za pośrednictwem modułu ICPCon7561 zamieniającego pakiety zgodne z NMEA na sygnał zgodny z RS485. Używając odpowiednio skonfigurowanej aplikacji *Enamor NMEA MultiTool* wysłano pakiet dotyczący pomiaru głębokości. Został on poprawnie odebrany za pośrednictwem sieci WiFi po bezpośrednim połączeniu się z modułem Wiz107SR za pomocą darmowej aplikacji *Packet Sender*, co zostało zobrazowane na rysunku 4 [6].



Rys. 4. Porównanie pakietu wysłanego i odebranego (ramka koloru czerwonego) [6]

W drugiej części testów przetestowano poprawność działania opracowanej aplikacji. Badanie to można wykonać na emulatorze w środowisku Android Studio lub bezpośrednio w urządzeniu rzeczywistym po zainstalowaniu wykonanej aplikacji. Po skonfigurowaniu połączenia z routerem bezprzewodowym i wyborze odpowiednich wielkości do wyświetlenia, odebrano poprawnie pakiety dotyczące pomiaru głębokości – te same które zostały użyte podczas weryfikacji części sprzętowej (rys. 5). Dowiodło to poprawności działania całego zaprojektowanego urządzenia łącznie z oprogramowaniem [6].



Rys. 5. Porównanie wysłanego i odebranego pakietu w urządzeniu mobilnym [6]

#### 5. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono projekt i realizację prototypu informacyjnego (doradczego) urządzenia do bezprzewodowego monitorowania parametrów statku. Powstały moduł, jak wykazały wstępne testy weryfikacyjne, działa w pełni poprawnie, zarówno w części sprzętowej, jak i programowej. Cechami, które dają przewagę powstałemu urządzeniu nad dostępnymi na rynku są przede wszystkim: przeznaczenie do pracy na dużych jednostkach pływających, możliwość podłączenia aż 6 urządzeń statku, których parametry odbierane są jednocześnie, a wysyłanie następuje jeden po drugim, możliwość udostępniania bezprzewodowego 14 nagłówek NMEA na wielu urządzeniach mobilnych z zainstalowanym systemem Android. Zgodnie z powyższym można stwierdzić, że wykonane urządzenie może być w przyszłości zastosowane w praktyce.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

1. National Marine Electronics Association, International Marine Electronics Association – NMEA0183 Standard for Interfacing Marine Electronic Devices, 2012.
2. International Electrotechnical Commission – IEC 61162-1 Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems – Digital interfaces, Geneva, 2000.
3. Hag Tae Kim, Vista F., Moon Kyou Song, Kil To Chong: Development of the Protocol System for the Data Communication in the Ship, Taipei, 2010.
4. Kasprowicz H.: Systemy sterowania obiektowego, Biłgoraj, 2001.
5. Zaghoul M.S.: Online Ship Control System Using Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), Internation Journal of Computer Science and Appliaction 2/2014.
6. Hapke Ł.: Bezprzewodowy system monitorowania i alarmowania stanu obiektu na przykładzie statku, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2015.
7. <http://www.seasmart.net> – dostęp 19.10.2016 r.
8. <http://www.comarsystems.com/> - dostęp 19.10.2016 r.
9. WIZnet – nota katalogowa Wiz107-SR
10. Enamor – wewnętrzna instrukcja obsługi sumatora SNMEA

## PROTOTYPE OF WIRELESS INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING AND ALERT ON THE SHIP

The article describes the design and building of prototype information device for wireless data exchange between systems on-board the ship and phone or tablet with Android system. The device is advisory only and is designed to monitor and possibly alert the user of exceeding the acceptable level of the measured values. Devices available on the market are described. NMEA protocol for communication at sea is presented. Sixteen selected (from dozens) NMEA protocol headers are shown. Then the hardware structure of the device is shortly described. Next, software layer for monitoring and alarm is presented. It contains three parts. First is responsible for receiving data. Second presents them on the screen of mobile devices. Third is responsible for alarms. The resulting prototype, as shown by the simple verification tests, works correctly, both its hardware and software part. The device's features that give an advantage over available on the market are as follows: working on large ships, the ability to connect up to 6 devices whose parameters are received at the same time, and send the following one after the other, the ability of wireless sending 14 NMEA headers across multiple devices with Android operating system. This proves that the device can be possibly applied in practice in the future.

**Keywords:** ship, the NMEA protocol, monitoring the state of the object.