

# KONCEPCJA UNIwersLANEJ PLATFORMY MOBILNEJ, RAPORT CZĘŚCI WYNIKÓW Z GRANTU „STUDENCKIE KOŁA NAUKOWE TWORZĄ INNOWACJE”

**Piotr Kotlarz<sup>1</sup>, Marcin Kempieński<sup>2</sup>, Adrianna Piszcz<sup>1</sup>, Krzysztof Galas<sup>1</sup>, Nazar Melnyk<sup>3</sup>, studenci kierunku Informatyka<sup>4</sup>.**

1. Instytut Informatyki Kazimierza Wielkiego, ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz  
e-mail:piotr@ukw.edu.pl

2. Wydział Mechatroniki Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz

3. (Student) Wydział Mechatroniki Kazimierza Wielkiego

4. Członkowie koła naukowego Inkubator Technologiczny UKW

**Streszczenie:** W pracy zaprezentowano koncepcje opracowanego projektu i konstrukcji platformy mobilnej. Jest to jeden z efektów realizacji projektu w ramach konkursu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”. Praca zawiera omówienie konstrukcji układu napędowego, zasilania oraz akwizycji danych pomiarowych. Ponadto zaprezentowano zastosowane rozwiązania programistyczne w zakresie kontroli ruchu platformy.

**Słowa kluczowe:** Platforma mobilna, programowanie, robotyka.

## The concept of universal mobile platform, report from part of grant results for a “Student science clubs create innovations.”

*Abstract: The article presents the concept of developed project and design of mobile platform. This is one of the results of project implementation as a part of the competition “Student science clubs create innovations.”. The report contains an overview the drive system design, power supply and measurement data acquisition. In addition, it presented the software solution adopted in the scope of control movement platform.*

**Keywords:** Mobile platform, programming, robotics

wraz z system monitorowania tego procesu. Całość posiada własne, niezależne od sieci energetycznej zasilanie.

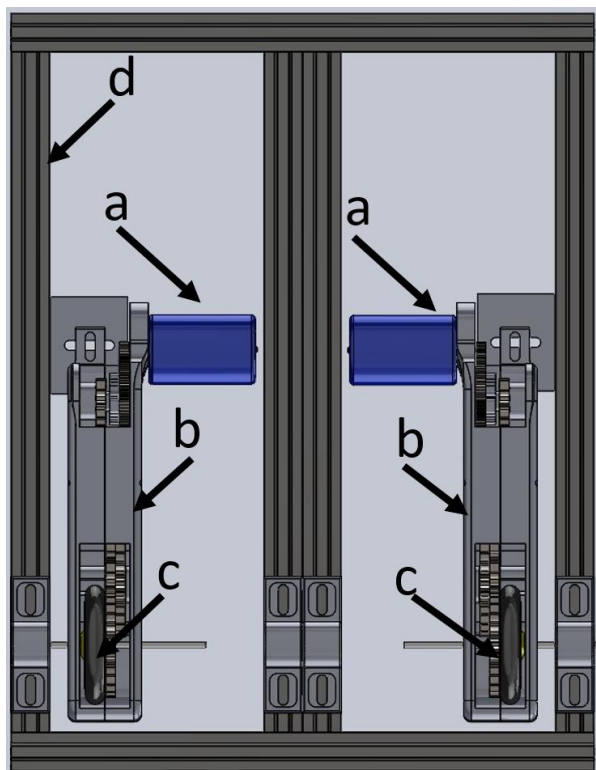
### 1. WSTĘP

Opisywane w tej pracy rozwiązanie, stanowi część systemu dezynfekcji sal dydaktycznych. System ten został opracowany dzięki uzyskanemu finansowaniu grantu, który został przyznany w ramach konkursu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”. Konkurs ogłoszony został przez Ministra Edukacji i Nauki. Realizacja projektu w 100% była finansowana ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki. Budżet projektu wyniósł 34 000 zł. Uniwersalna platforma mobilna, opisana w tej pracy, stanowi część mobilnego systemu dezynfekcji, który poza platformą składa się ze stanowiska ozonowania oraz dezynfekcji rąk

W wyniku realizacji prac badawczo rozwojowych, realizowanych przez studentów oraz kadrę koła naukowego Inkubator Technologiczny UKW, opracowano platformę mobilną, o napędzie elektrycznym, która zdolna jest do przenoszenia i zasilania zestawu diod LED UVC skierowanych w stronę podłoga. Poniższa praca zawiera opis koncepcji w zakresie mechanicznym i programistycznym.

### 2. KONCEPCJA UKŁADÓW ZASILANIA I NAPĘDU PLATFORMY MOBILNEJ

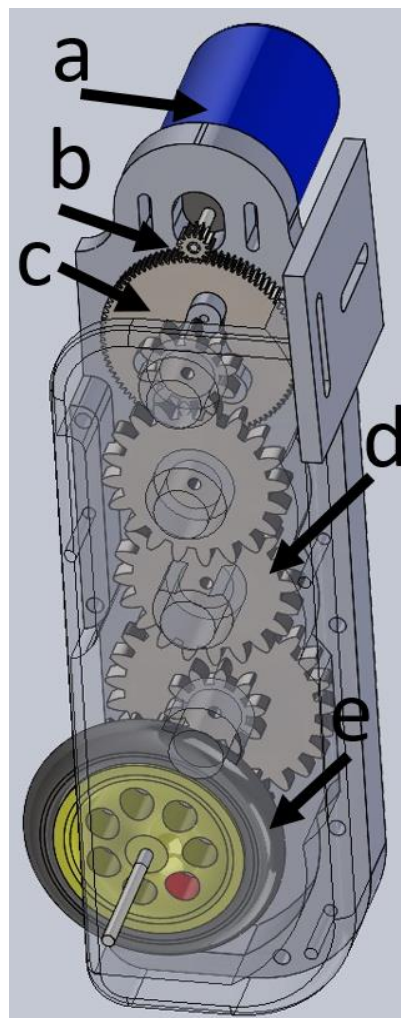
Opracowano i skonstruowano prototyp podwozia programowalnej platformy mobilnej do dezynfekcji. Konstrukcję nośną platformy wykonano z profili aluminiowych w standardzie v-slot, jako napęd zastosowano silniki DC. Przyjęto koncepcję zastosowania układu dwóch kół napędowych i dwóch silników DC, które te koła napędzają. W tylnej części podwozia zastosowano kulę podporową. Poniższy rysunek prezentuje koncepcję układu napędowego wraz z ramą nośną.



**Rysunek. 1** Rama nośna (d) platformy mobilnej wraz układem napędowym (a-c).

Jako napęd zastosowano rozwiązanie z silnikami DC klasy 540 (rys. 1 a) w wersji bezszczotkowej. Silniki 3650 5200kV ze sterownikami 60A. Jest to typowy zestaw napędowy stosowany w profesjonalnych modelach RC. Ze względu na charakterystykę silnika zastosowano przekładnię mechaniczną, w pierwszym etapie wykorzystano przekładnię RC HPIMV25021. W wyniku przeprowadzonych testów przekładnia ta okazała się mieć przełożenie, które powodowało, przy pracy silnika przez czas dłuższy niż 90 min, że obudowa przekładni rozgrzewała się do około 60°C. Podjęto testy z zastosowaniem olejów do przekładni o zakresie gęstości od 3000 cSt do 1000000 cSt jednak uzyskana zmiana wynosiła

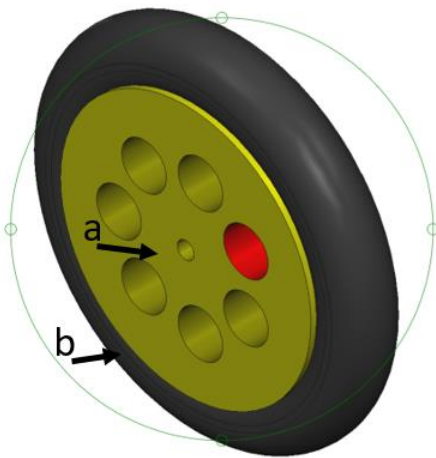
około 5°C. Na drodze prac badawczo-rozwojowych studenci podjęli decyzję o opracowaniu własnej przekładni z kół zębatych wykonanych w technologii FDM druku 3D. Jest to technologia zyskująca coraz większą popularność w zastosowaniach do prototypowania. Przykładem mogą być np. konstrukcje prototypów egzoskieletów [2]. Poniższy rysunek prezentuje projekt końcowej wersji przekładni złożony z 9 kół zębatych typu prostego realizujących przełożenie 1:170.



**Rysunek. 2** Przekładnia dla napędu platformy (a-silnik DC, b-stalowa zębatka atakująca, c- zębatka odbierająca, d- zespół kół zębatych przekładni, e-opona koła jezdnego).

Na powyższym rysunku literą b zaznaczono zębatkę atakującą, która zamontowana jest bezpośrednio na wale silnika, wykonana jest ze stali (element gotowy standardowy). Zębatka odbierająca (c) została

zaprojektowana i wykonana w technologii druku 3D. Ponieważ przenosi ona duże obciążenia, dodatkowo współpracuje ze stalową zębatką atakującą (b), konieczne było wykonanie (wydrukowanie) jej z materiału możliwie odpornego na ścieranie i minimalizującego tarcie. Na drodze prac badawczo-rozwojowych wybrano materiał Nylon PA12. Cechuje go bardzo dobra odporność na wysokie temperatury, wysoka elastyczność i nieścieralność. Jest to materiał trudny w druku 3D. Wymagany zakres temperatur stołu to 100-120°C, natomiast dysza powinna zapewniać pracę w temperaturze około 260°C. dla minimalizacji zjawiska „podwijania” wydruku zastosowano klej adhezyjny Dimafix Pen, którego najintensywniejsza adhezja jest widoczna przy temperaturze od 95°C do 120°C. Pozostałe koła zębate (d) wykonano z materiału HD PLA. Jest to materiał, który nie sprawia większych problemów w procesie druku, zalecana temperatura drukowania mieści się między 200°C, a 230°C. Wydrukowane koła zębate poddano wygrzaniu w warunkach 50°C/4h, dzięki czemu uzyskano zwiększoną udarność i odporność na wysokie temperatury. Koła napędowe również zaprojektowano i wykonano w technologii druku 3D. Poniżej pokazano projekt koła napędowego.



**Rysunek. 3** Koło napędowe (a-felga, b-opona).

Do wykonania felgi (a) użyto również materiału HD PLA. Opona została wykonana z elastycznego filamentu TPU NinjaFlex. Materiał charakteryzuje się twardością Shore'a: 85A, właściwością redukcji drgań, niskim tarcie zewnętrzny oraz odpornością na ścieranie: 20% wyższą niż ABS i 68% lepszą niż PLA.

Zasilanie układu napędowego stanowią modelarskie pakiety zasilania: litowo-polimerowe lub niklowo-metalowo-wodorkowe. Pakiety Lipo 5000 mAh 7,4V 50C 6 (możliwe zasilanie z centralnego pakietu, lub z 2 niezależnych). Odpowiednio do zastosowanych pakietów zasilających, dobrano ładowarkę mikroprocesorową Redox Alpha V2. Dodatkowo zastosowano również możliwość ładowania pakietów lipo z akumulatora żelowego, który wraz ze stosowaną przetwornicą został zamontowany w regale stanowiącym bazę dla całego systemu dezynfekcji.

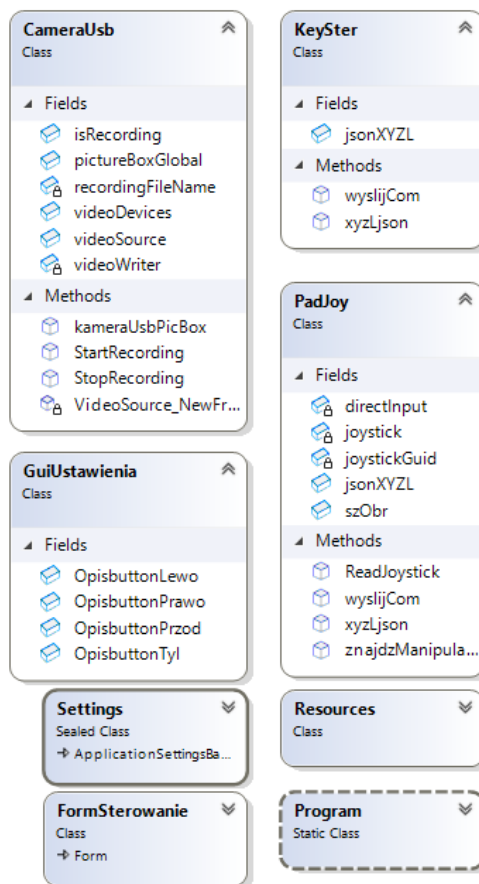
Do zasilania komputera pokładowego (moduł ESP 8266) i dodatkowego modułu ESP do realizacji transmisji pomiarów środowiskowych: ciśnienia, temperatury (czujnik barometryczny BMP180), wilgotności powietrza (sensor DHT11 +50C) oraz zasilania dla diod LED UV zastosowano dwa rozwiązania. Zasilanie z pakietów Lipo i przetwornicę STEP DOWN CC CV 6V-40V 20A lub PowerBank USB-C 65W. Układ pomiarów środowiskowych został tak zaprojektowany, aby w przyszłości ułatwić potencjalną implementację gromadzenia danych pomiarowych z wykorzystaniem baz danych [3].

### 3. SYSTEM STEROWANIA PLATFORMĄ

Do sterowania i kontroli układów wykonawczych stosuje się często mikrokontrolery [1]. W tym projekcie prototyp układu sterowania bazował na: układzie Arduino Mega 2560, sterowniku silników DC HG7881 i komunikacji z wykorzystaniem przewodu USB (na etapie pierwszych testów nie wymagano transmisji bezprzewodowej, zastosowanie przewodu USB uprościło i przyspieszyło moment rozpoczęcia pierwszych testów). W zakresie sensorów zastosowano na tym etapie czujnik odległości wykrywający obiekty w zakresie od 10 do 80 cm. Dokonano wstępnych testów w zakresie możliwych zakłóceń generowanych przez silniki DC dla komunikacji Bluetooth i Wi-Fi. Testy przeprowadzono poza podwoziem platformy dla pojedynczego egzemplarza silnika szczotkowego DC - silnik MM-25 540 14t. Określono, że przy umiejscowieniu modułu HC-06 ZS-040 i modułu ESP8266 w odległości powyżej 8 cm od silnika DC komunikacja Bluetooth i Wi-Fi działa poprawnie. Ostatecznie jako komputer pokładowy posłużył układ ESP 8266 w wersji D1, moduł Bluetooth HC-06 ZS-040 oraz ultradźwiękowe czujniki odległości HC-SR04 2-200 cm. Przeprowadzono również prace eksperymentalne mające na celu opracowanie niezbędnych rozwiązań

*KONCEPCJA UNIWERSLANEJ PLATFORMY MOBILNEJ, RAPORT CZĘŚCI WYNIKÓW Z GRANTU „STUDENCKIE KOŁA NAUKOWE TWORZĄ INNOWACJE”*

programistycznych w zakresie kontroli ruchu platformy dezynfekcyjnej. W zakresie określenia położenia platformy względem bazy przyjęto rozwiązanie użycia czujnika/czujników odległości o zasięgu minimum 1.5m oraz liczenia czasu oddalania się platformy od bazy „po starcie”. Ustalono, że z punktu widzenia funkcjonalności całego systemu nie ma konieczności realizacji automatycznego powrotu platformy dezynfekcyjnej do bazy. Taka koncepcja w toku prac pojawiła się, ponieważ studenci chcieli się wzorować na robotach sprzątających dostępnych na rynku, jednak o ile studenci 4 roku prawdopodobnie poradziliby sobie z opracowaniem tego rozwiązania, to jednak biorąc pod uwagę, że w założeniach projektu brać mają również udział studenci młodszych roczników odstępiono od tego pomysłu. Określono jednak wymagania co do możliwości omijania przeszkód przez platformę. Ponadto założono również, że do sterowania ruchem platformy przez operatora ma zostać wykorzystany graficzny interfejs użytkownika oraz manipulator typu GamePad PC. W tym zakresie skorzystano z biblioteki SharpDX.DirectInput dla języka C#. Ponadto opracowano również funkcjonalność pozwalająca na podgląd w czasie rzeczywistym i obraz z kamery USB, do czego wykorzystano bibliotekę AForge.Video.DirectShow. Na poniższym rysunku przedstawiono graficzną reprezentację wybranych klas projektu opracowaną w środowisku Visual Studio 2022.



**Rysunek. 4** Diagram (wybranych) klas aplikacji Windows Forms.

Po stronie platformy sterowanie realizowane jest z wykorzystaniem opracowanego oprogramowania w języku C++. Sterowanie pracą silników odbywa się poprzez sygnał PWM, co jest możliwe dzięki zastosowanym sterownikom silników. Istotną rolą oprogramowania po stronie platformy jest również realizowanie pomiaru odległości z wykorzystaniem czujników HC-SR04 oraz transmisja wyników tych pomiarów z wykorzystaniem komunikacji Bluetooth. Na potrzeby realizacji pomiarów opracowano bibliotekę, która pobiera wartość pomiaru (z 2 czujników) i tworzy ciąg w formacie Json (wykorzystano bibliotekę ArduinoJson.h), który następnie jest wysyłany na port COM, do którego podłączono moduł Bluetooth HC-06.

```
hcsr-04  hscr04.cpp $  hscr04.h
1 #include <ArduinoJson.h>
2 #include "hscr04.h"
3 String czytajHcsr04(int trigPinA, int echoPinA,
4     int trigPinB, int echoPinB, int probkowanie)
5
6     pinMode(trigPinA, OUTPUT);
7     pinMode(echoPinA, INPUT);
8     pinMode(trigPinB, OUTPUT);
9     pinMode(echoPinB, INPUT);
10    long pomiarA;
11    int odlegloscA;
12    long pomiarB;
13    int odlegloscB;
14    digitalWrite(trigPinA, LOW); delayMicroseconds(2);
15    digitalWrite(trigPinA, HIGH);
16    delayMicroseconds(10); digitalWrite(trigPinA, LOW);
17    pomiarA = pulseIn(echoPinA, HIGH);
18    odlegloscA = pomiarA * 0.034 / 2;
19    digitalWrite(trigPinB, LOW); delayMicroseconds(2);
20    digitalWrite(trigPinB, HIGH);
21    delayMicroseconds(10); digitalWrite(trigPinB, LOW);
22    pomiarB = pulseIn(echoPinB, HIGH);
23    odlegloscB = pomiarB * 0.034 / 2;
24    StaticJsonDocument<200> doc;
25    doc["hc_A"] = odlegloscA;
26    doc["hc_B"] = odlegloscB;
27    String json;
28    serializeJson(doc, json);
29    delay(probkwowanie);
30    return json;
31 }
```

Rysunek. 5 Kod biblioteki realizującej serializację danych pomiarowych z czujników HC-SR 04.

Jak pokazano na powyższym rysunku, główną częścią opracowanej biblioteki stanowi metoda *czytajHcsr04*, która jako parametry (linia 3 i 4) posiada numery pinów, do których podłączono czujniki odległości oraz częstość dokonywania pomiarów. W liniach 24-28, zaimplementowano serializację danych do postaci ciągu Json: {„hc\_A”:..., „hc\_B:...”}, w miejscu trzech kropek wstawiana jest wartość pomiaru. Taki ciąg wysyłany jest poprzez moduł Bluetooth HC-06.

W ramach opracowanego rozwiązania zaimplementowano algorytmy pozwalające na regulację prędkości z jaką porusza się programowalna platforma dezynfekcyjna. Sterowanie może być realizowane poprzez operatora z wykorzystaniem opracowanej aplikacji dla systemu Windows lokalnie jak i zdalnie poprzez sieć Internet. Opracowane algorytmy pozwalają również na stwierdzenie faktu pojawienia się przeszkody na drodze platformy poprzez zastosowanie ultradźwiękowych czujników

odległości, co jest podstawą do poruszania się platformy w sposób autonomiczny. Opracowane rozwiązanie pozwala również na programowanie ruchu platformy.

System dezynfekcji zamontowany na platformie oparty jest na rozwiązaniu z zastosowaniem diod LED UV (ze względu na ryzyko uszkodzenia narządu wzroku na etapie prac badawczo-rozwojowych używano diod LED emitujących nieszkodliwe światło niebieskie). Rolą mobilnej platformy dezynfekcyjnej jest dezynfekcja podłogi w sali dydaktycznej z wykorzystaniem promieniowania UV.

#### 4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Opracowaną platformę można traktować jako system otwarty zarówno w zakresie części sprzętowej, jak i programistycznej. Może ona być wykorzystywana jako autonomiczny system mobilny oraz jako rozwiązanie nadzorowane przez użytkownika w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem sieci LAN, Wi-Fi, Internet lub Bluetooth.

W założeniu miało być to rozwiązanie tanie, co zostało osiągnięte poprzez zastosowanie standardowych, ogólnodostępnych rozwiązań w zakresie konstrukcji jak i napędu oraz sterowania. To ważne, ponieważ takie podejście zapewnia dostępność części zamiennych oraz łatwość rozbudowy w przyszłości. Ponadto opracowana konstrukcja platformy mobilnej została tak pomyślana, aby możliwe było jej zastosowanie do dalszych prac badawczych np. w zakresie badania możliwości zastosowań interfejsu mózg-komputer w sterowania [4][5] lub badań eksperymentalnych w zakresie zastosowań teorii liczb rozmytych w sterowaniu [6].

#### Literatura

1. Szyszkowski P., Śmigielski G. Design of an obstructive sleep apnea monitoring. *Studia i Materiały Informatyki Stosowanej*, 2019; 11(2):12-16.
2. Rojek I., Kaczmarek M., Kotlarz P., Kempński K., Mikołajewski D., Szczepański Z., Kopowski J., Nowak J., Macko M., Schmidt T., Leszczyński P. Egzoszkielec na rękę - koncepcja i rozwój w ramach grantu "Rzeczy są dla ludzi". *Studia i Materiały Informatyki Stosowanej* 2022, 14(1), str. 26- 32

*KONCEPCJA UNIWERSLANEJ PLATFORMY MOBILNEJ, RAPORT CZĘŚCI WYNIKÓW Z GRANTU „STUDENCKIE KOŁA NAUKOWE TWORZĄ INNOWACJE”*

3. Królikowski Z., Rojek I., Bazy danych w przedsiębiorstwie, *Studia i Materiały Informatyki Stosowanej* 2021, 13(2), str. 5-10
4. Galas K., Efektywność klasyfikacji mrugnięcia z wykorzystaniem wybranych sieci neuronowych. *Studia i Materiały Informatyki Stosowanej* 2021, 13(1), str. 11-16
5. Piszcz A., BCI w VR: imersja sposobem na sprawniejsze wykorzystywanie interfejsu mózg-komputer. 2021, 13(1), str. 5-10
6. Dobrosielski W., Czerniak J., Ordered Fuzzy Numbers Applied to The Implementation of a Fuzzy PID Controller. *Innovation Management and Information Technology Impact on Global Economy in the Era of Pandemic. Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference (IBIMA)* / ed. Khalid S. Soliman. 2021, Str. 6230-623.

