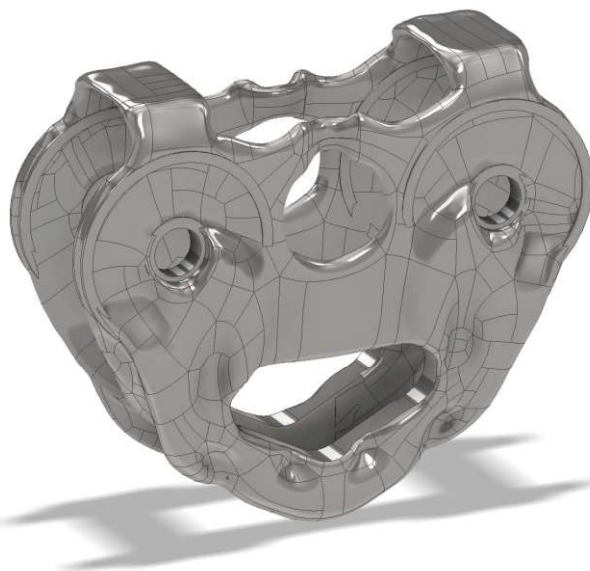




**KATEDRA MECHANIKI
I INŻYNIERII OBLICZENIOWEJ**
WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Studencka Konferencja Naukowa

**METODY
KOMPUTEROWE
2021**



Gliwice 2021

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

Studencka Konferencja Naukowa
„METODY KOMPUTEROWE – 2021”

Gliwice, wrzesień 2021 r.

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej

Wydział Mechaniczny Technologiczny

Politechnika Śląska

ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice

tel.: 32 237 12 04, fax: 32 237 12 82

Komitet Naukowy:

Prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak

Prof. dr hab. inż. Antoni John

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński

Dr hab. inż. Witold Beluch, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Adam Długosz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Grzegorz Działkiewicz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Marek Jasiński, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Grzegorz Kokot, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Waław Kuś, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Jerzy Mendakiewicz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Marek Paruch, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Alicja Piasecka-Belkhat, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Arkadiusz Poteralski, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Mirosław Szczepanik, Prof. PŚ

Komitet Organizacyjny:

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński

Dr hab. inż. Adam Długosz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Grzegorz Działkiewicz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ

Dr inż. Waldemar Mucha

Dr inż. Witold Ogierman

Mgr inż. Natalia Molęda

Mgr inż. Olaf Popczyk

Mgr inż. Tomasz Schlieter

Mgr inż. Anna Skorupa

Mgr inż. Mikołaj Stryczyński

Mgr inż. Barbara Ciszewska

Inż. Katarzyna Tomiczek

Mgr inż. Maria Zadoń

Komitet Redakcyjny:

Dr hab. inż. Grzegorz Działkiewicz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ

Wydanie zeszytów naukowych zostało sfinansowane przez MESco Sp. z o. o. w Bytomiu.

Rysunek na okładce wykonał inż. Wojciech Kokot, Autor artykułu na stronie 65.

ISBN 978-83-951185-2-4

Artykuły opublikowano na podstawie oryginałów dostarczonych przez Autorów.

Druk i oprawę wykonano w Wydawnictwie Politechniki Śląskiej.

Nakład 100 egz. Druk ukończono we wrześniu 2021 r.

Wstęp

Zeszyt naukowy zawiera 37 artykułów prezentowanych na piętnastej Studenckiej Konferencji Naukowej „Metody Komputerowe”, odbywającej się 23 września 2021 roku na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Konferencję zorganizowali studenci i pracownicy Katedry Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej Politechniki Śląskiej. Publikacje dotyczą zastosowania metod komputerowych w różnych dziedzinach techniki, takich jak:

- wspomaganie komputerowe prac inżynierskich,
- wytrzymałość materiałów,
- termodynamika,
- robotyka,
- mechatronika,
- aerodynamika,
- informatyka,
- optymalizacja,
- badania doświadczalne.

Dziękuję studentom za przygotowanie artykułów i prezentacji na konferencję, Komitetowi Naukowemu za troskę o poziom naukowy prac, Komitetowi Redakcyjnemu za przygotowanie zeszytu naukowego do druku i wersji elektronicznej materiałów konferencyjnych, a Komitetowi Organizacyjnemu za przygotowanie obrad konferencji.

Szczególne podziękowania za wsparcie finansowe organizacji konferencji składam przedstawicielom firmy MESco Sp. z o. o.

Duża liczba zgłoszonych artykułów świadczy o znacznej aktywności naukowej studentów i potrzebie organizacji tego rodzaju konferencji. Życzę studentom owocnych dyskusji w czasie konferencji. Mam nadzieję, że udział w niej będzie inspiracją do dalszych badań naukowych.

Opiekun Naukowy Studenckiego Koła Naukowego
„Metod Komputerowych”

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński

Gliwice, wrzesień 2021 r.

UKŁAD KOMUNIKACJI I SYSTEM WIZYJNY MOBILNEGO ROBOTA DEZYNFEKUJĄCEGO

inż. PRZEMYSŁAW OLSZÓWKA,

Automatyka i Robotyka, AB5, semestr III, 2 stopień

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Piotr Przystalka, prof. PŚ

Streszczenie. Roboty mobilne stosowane są często do wspomagania prac realizowanych przez człowieka podczas trudnych i niebezpiecznych działań. Pandemia COVID-19 stała się okazją do wykazania, że mobilne platformy mogą wspomagać ludzi w walce z wirusem. W ramach prac projektowych dotyczących demonstratora mobilnego robota dezynfekującego przeprowadzono badania weryfikacyjne opracowanego układu komunikacji oraz systemu wizyjnego. W artykule omówiono skuteczność działania komponentów robota w terenie zurbanizowanym oraz wewnątrz budynku.



COMMUNICATION AND VISION SYSTEMS OF A MOBILE DISINFECTING ROBOT

Abstract. Mobile robots are often used to support human work during difficult and dangerous tasks. Pandemic COVID-19 was an opportunity to demonstrate that the mobile platforms could support the people in the fight against the virus. As part of the design work on the disinfecting robot mobile demonstrator, verification tests of the developed communication and vision systems were carried out. The paper addresses the performance of these components of the robot in an urban area and inside a building.

1. Wprowadzenie

Rozwój nauki i technologii jest motywowany różnymi aspektami życia. Choć jesteśmy otoczeni wieloma nowatorskimi rozwiązaniami, do których szybko się przyzwyczajamy i wykorzystujemy każdego dnia, ciągle rozwijane są nowe urządzenia i systemy, które mają wspomagać ludzi na wielu płaszczyznach życia. Rok 2020, to czas który w pamięci wielu osób zostanie zapisany pod znakiem walki z wirusem Sars-Cov-2. Pandemia sparaliżowała dotychczasową wizję funkcjonowania świata oraz ujawniła pewne problemy, z których do tej pory społeczeństwo nie zdawało sobie sprawy. Kluczowe i niezbędne okazały się środki ochrony osobistej oraz specjalistyczne sprzęty medyczne. Nowe okoliczności stworzyły obszary technologiczne, które do tej pory nie wyróżniały się nadmiernie, jednak w okresie pandemii stały się niezwykle istotne. Jeden z takich obszarów stanowił problem dezynfekcji różnych miejsc i powierzchni infrastruktury miejskiej oraz budynkowej. Kolejny taki obszar stanowi problem transportu leków, żywności oraz najpotrzebniejszych środków do życia do obszarów będących w izolacji. W odpowiedzi na te problemy powstał demonstrator mobilnego robota dezynfekującego.

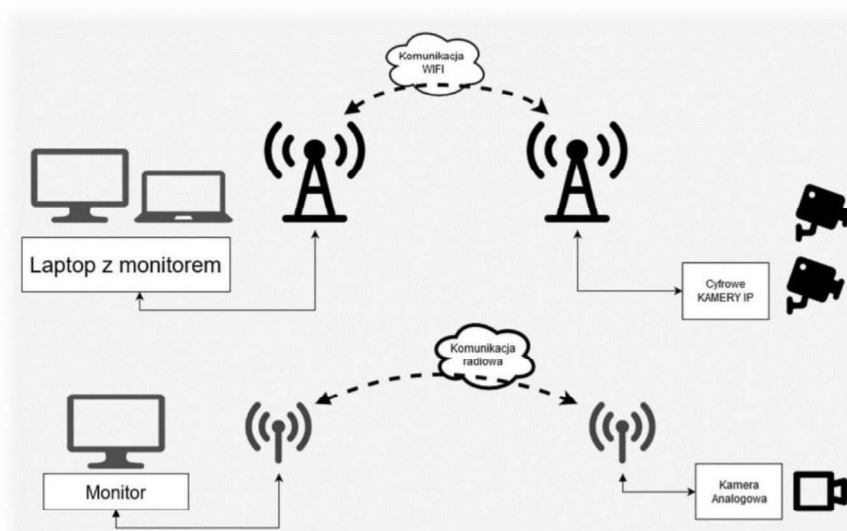
2. Obszar prac

Projekt budowy mobilnej platformy, która mogłaby zostać wykorzystana do walki z pandemią składał się z kilku elementów. Główną platformę jezdną stanowił wielozadaniowy

robot gaśnicowy MTR [2]. Platforma została wyposażona w manipulator [3], pozwalający na wykonywanie czynności manipulacyjnych w bliskim obszarze robota. W ramach realizacji projektu konieczne było opracowanie dedykowanego układu dezynfekcji. W wyniku wstępnych badań przeprowadzanych przez WHO [1] określone zostały możliwe drogi zakażenia koronawirusem. Udowodniono zostało, że wirus zostaje na dłoniach po kontakcie z powierzchniami skażonymi. W celu ograniczenia przenoszenia się wirusa, ważne jest regularne dezynfekowanie miejsc często obleganych, gdzie istnieje duże prawdopodobieństwo, że może znaleźć się osoba chora. Działanie robota powinno umożliwiać odkażanie różnych elementów infrastruktury miejskiej, jak kosze lub ławki, oraz rozległych powierzchni płaskich, do których można zaliczyć ścieżki lub korytarze. Docelowe środowisko działania robota wymagało opracowania nowego układu komunikacji oraz systemu wizyjnego. Sterowanie robota w zurbanizowanych obszarach miejskich jest trudnym zadaniem wynikającym z gęstych zabudowań utrudniających działanie układu komunikacji bezprzewodowej na duże odległości. Tereny są wypełnione falami radiowymi dochodzącymi do smartphonów, odbiorników Wi-Fi, odbiorników radiowych. Takie obszary mogą zakłócać działanie systemów komunikacji, utrudniając sterowanie lub mogą powodować niebezpieczne sytuacje wynikające z nadmiernych opóźnień transmisji. W ramach prac przeprowadzono badania nad skutecznością zaproponowanych rozwiązań w celu określenia ich mocnych i słabych stron. Sprawdzone również jak zaproponowane rozwiązanie wpływa na sterowanie robotem w trybie zdalnym.

3. Układ komunikacji i system wizyjny robota

Budowa układu komunikacji zakładała skonfigurowanie i przetestowanie w warunkach laboratoryjnych oraz miejskich układów komunikacji Wi-Fi o paśmie częstotliwości 2,4 GHz. Wybrana technologia miała zostać wykorzystana jako główna droga komunikacji pomiędzy stacją operatora, a robotem, do przesyłania komend sterujących oraz danych telemetrycznych, a także wizji cyfrowej, pochodzącej z dwóch kamer IP. Dodatkowy kanał miała stanowić wizja analogowa, wykorzystująca pasmo częstotliwości 5,8 GHz. Celowa redundancja kanałów transmisji miała zapewnić większą niezawodność i poprawność działania. Schemat układu komunikacji oraz systemu wizyjnego zaprezentowano na rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu komunikacji oraz systemu wizyjnego
 Fig. 1. Schematic of the communication system and video system

4. Wyniki badań

Układ komunikacji został zbudowany z wykorzystaniem dwóch punktów dostępowych b- db-ac firmy Ubiquiti wraz z antenami tp-link tl-ANT2412D. Przez kanał transmisyjny przesyłane były dane z wykorzystaniem sieci bazującej na ROS oraz sygnał wizyjny z dwóch kamer IP. Moc anten została ustawiona na 100 mW EIRP. W pierwszym podejściu sprawdzono opóźnienia w transmisji strumienia wideo w warunkach laboratoryjnych. W trakcie przeprowadzonych testów zauważono, że zmiana rozdzielczości obrazu z kamer z Full-HD na HD może powodować dwukrotne zmniejszenie czasu opóźnienia, z 0,4 s do 0,2 s, przy transmisji wideo z wykorzystaniem kodowania h264 i protokołu TCP-IP. Zmiana zastosowanego kodeka na h265 nie wpływa na uzyskiwane wyniki i również wynosi ok. 0,2 s. W ramach testów zweryfikowano również wpływ zmiany zadanej liczby klatek na sekundę na opóźnienia. Zauważono, że zmiana wymuszenia z 25 fps na 12 fps nie wpływa na zmniejszenie zarejestrowanego opóźnienia. Do testów wykorzystano kamery Dahua IPC-CB1C20-0280B oraz Dahua IPC-CT1C20-0360B. Komplet wyników został zamieszczony w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie wyników czasu opóźnienia transmisji wideo dla różnych parametrów
Table 1. Summary of video transmission delay time results for different parameters

| | 25 fps, 1080p, kodek h264, TCP/IP | 25 fps, 720p, kodek h264, TCP/IP | 25 fps, 720p, kodek h265, TCP/IP | 12 fps, 720p, kodek h265, TCP/IP |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Czas opóźnienia w transmisji wideo [s] | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Na podstawie dodatkowego testu można było określić, że opóźnienie wynoszące ok. 0,2 s pozwala na bezpieczne sterowanie robotem mobilnym i wykonywanie czynności manipulacyjnych. W przypadku zwiększenia opóźnienia powyżej 0,5 sekundy sterowanie robotem zaczyna być utrudnione, w szczególności wykonywanie czynności manipulacyjnych. W celu rozwiązania problemów opóźnień, wynikających z konieczności kodowania oraz dekodowania strumienia wideo zastosowano również system komunikacji analogowej. Do tego celu wykorzystano kamerę Foxeer Predator V4 Micro, nadajnik TS832 5,8 GHz i odbiornik AV RCRC832 5,8 GHz. Zgodnie z rekomendacjami producenta moc generowana przez nadajnik i odbiornik równa 600 mW pozwala na komunikację z robotem oddalonym do 5 km od centrum dowodzenia. W ramach przeprowadzonych testów zauważono, że opóźnienia występujące w systemie wizji analogowej niezależnie od odległości nadajnika od odbiornika nie przekraczają 0,1 s. Układ komunikacji tego systemu jest jednak bardzo podatny na wszelkiego rodzaju zakłócenia, zarówno wynikające z zasilania oraz innych fal radiowych. W przypadku wystąpienia przeszkód pomiędzy antenami na obrazie nasilały się zakłócenia. Podobny efekt powstawał w przypadku kiedy robot zaczynał znajdować się w miejscach o niewielkim naświetleniu.

Dla porównania obraz z systemu wizji cyfrowej zawsze był przesyłany na stałym poziomie rozdzielczości. W przypadku wystąpienia zakłóceń następowało wydłużenie czasu opóźnienia oraz malała liczba otrzymywanych klatek na sekundę. W ramach testów układu komunikacji sprawdzono zachowanie działania robota w zamkniętym budynku oraz w zurbanizowanej przestrzeni miejskiej. Testy przeprowadzone w budynku wykonanym z konstrukcji żelbetonowej oraz szyb, przy braku widoczności anten pozwoliły na sterowanie robota do odległości ok. 75 m. Powyżej tej wartości nastąpiło zerwanie komunikacji Wi-Fi. W celu ponownego jej uruchomienia koniecznym było zmniejszenie odległości do ok. 65 m. W przypadku prób wykonanych w otwartej przestrzeni, kluczowe na uzyskanie wyników są budynki, drzewa, wszelkie zabudowania występujące pomiędzy antenami. W najlepszym przypadku możliwość sterowania robotem była osiągalna dla odległości ponad 250 m

w obszarze silnie zabudowanym (rys. 2). W jednym z najgorszych przypadków testowych, komunikacja została zerwana już po 40 m, w momencie kiedy robot znalazł się głęboko za pobliskim budynkiem. Istotnym jest fakt, że pogarszanie jakości wizji analogowej odbywa się równoległe ze zwiększeniem opóźnienia układów cyfrowych, pomimo różnego zakresu częstotliwości.



Rys. 2. Maksymalny zasięg komunikacji robota oraz widok z 3 kamer zamontowanych na robocie

Fig. 2. Maximum communication range of the robot and the view from 3 cameras mounted on the robot

5. Wnioski

Układ komunikacji bazujący na standardzie Wi-Fi to rozwiązanie, które może być stosowane do zdalnego sterowania robotów mobilnych. Pozwala na łatwe opracowanie systemu komunikacji przy wykorzystaniu znanych rozwiązań. Takie podejście pozwala na opracowanie systemów sterowania z wykorzystaniem środowiska ROS. Zaletą rozwiązania jest równoległa możliwość opracowania systemu wizyjnego do systemu sterowania, który pozwala operatorowi obserwować przestrzeń robota w dużej rozdzielczości. Rozwiązanie sieciowe daje również możliwość na przetwarzanie obrazu z kamer IP bezpośrednio na głównym komputerze sterującym robota. Zapewnienie redundancji systemu wizyjnego za pomocą dodatkowego systemu analogowego zapewnia większe bezpieczeństwo oraz pewność w sterowaniu robota. Zastosowana architektura i konfiguracja kamer pozwalała na obserwowanie przestrzeni w dostatecznie wysokiej jakości, przy jednoczesnym braku opóźnień. W przypadku obu systemów należy pamiętać o ich ograniczeniach, które zaczynają być widoczne w miejscach o dużym zagęszczeniu konstrukcji żelbetonowych, metalowych oraz szklanych. Wówczas obszar działania ulega znaczącemu zmniejszeniu.

Literatura

1. World Health Organization, Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations, <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations> (dostęp 31.05.2021)
2. Najewski A., Projekt, wykonanie i analiza kinematyki ruchu wielozadaniowego robota gaśnicowego. Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Śląska, Gliwice (2017).
3. Olszówka P., Modernizacja manipulatora robota eksploracyjnego. Projekt inżynierski, Politechnika Śląska, Gliwice (2020).