

Optymalizacja trajektorii ruchu robota

Rogulski M., Jaźwiński M., Rotuski C.

26.01.2025, Warszawa

1. Cel projektu

Celem projektu była implementacja, w środowisku RobotStudio, dwóch scenariuszy paletyzacji, a następnie optymalizacja trajektorii ruchu robota w każdym scenariuszu, w celu zredukowania zużycia energii oraz skrócenia czasu trwania cyklu paletyzacji. Dodatkowo założono zaprojektowanie mechanizmów generowania paczek i przekładek na stanowisku paletyzującym.

Czy udało się go zrealizować?

Cel został zrealizowany częściowo. Udało się zaimplementować dwa scenariusze paletyzacji, a także mechanizmy generowania paczek oraz przekładek na stanowisku paletyzującym.

Nie udało się przeprowadzić pełnej optymalizacji trajektorii dla obu scenariuszy, jedynie pierwszy scenariusz został zoptymalizowany zgodnie z założeniami projektu.

2. Strony zaangażowane

- **Studenci:**

- Maciej Jaźwiński (Team Leader 1. połowa semestru)
- Michał Rogulski (Team Leader 2. połowa semestru)
- Cezary Rotuski

- **Opiekun:** dr inż. Piotr Fabijański

- **Klient (ABB):**

- Marek Grabowski
- Dominik Kordula
- Julia Pawłowska

3. Czas trwania projektu

- **Czas założony:** 3 miesiące (22.10.2024 - 23.01.2025)

- **Czas rzeczywisty:**

W założonym czasie udało się zrealizować wymienione wyżej cele, z pominięciem realizacji procesu optymalizacji drugiego scenariusza paletyzacji.

4. Budżet projektu / zasoby

- **Budżet**

Z uwagi na charakter projektu i fakt, że całość została zrealizowana za pośrednictwem środowiska symulacyjnego RobotStudio 2024, realizacja projektu nie wymagała żadnych nakładów finansowych od członków zespołu.

- **Zasoby**

Do realizacji projektu wymagane było posiadanie licencji na oprogramowanie RobotStudio 2024 oraz komputer z dostępem do internetu przez każdego z członków zespołu. Licencja na środowisko RobotStudio 2024 została udostępniona przez firmę ABB Polska.

Brakującym zasobem, który potencjalnie mógłby usprawnić współdzielenie kodu źródłowego symulacji była dodatkowa licencja na dodatek RobotStudio Cloud, który nie wchodził w zawartość udostępnionej licencji.

- **Zasoby ludzkie**

Z uwagi na niewielkie doświadczenie zespołu w realizacji projektów, konieczne było ustalenie harmonogramu regularnych spotkań oraz dokonanie podziału ról oraz zadań pomiędzy członków zespołu. Praca zespołowa odbywała się na podstawie zaplanowanego harmonogramu. Podczas cotygodniowych spotkań na bieżąco zespół podsumowywał aktualny stan projektu, a także ustalał strategie podejmowanych działań na kolejny tydzień.

5. Kluczowe kryteria sukcesu

- **Zdefiniowane kryteria:**

- Implementacja dwóch scenariuszy paletyzacji
(Udało się w pełni zrealizować)
- Zaprojektowanie mechanizmów generowania paczek i przekładek na stanowisku paletyzującym.
(Udało się w pełni zrealizować)
- Optymalizacja trajektorii ruchu robota w każdym scenariuszu
(Udało się zrealizować częściowo, optymalizacja została wykonana tylko dla jednego ze scenariuszy)

6. Ryzyka

- **Problemy z synchronizacją członków zespołu:**

- **Prawdopodobieństwo wystąpienia:** Średnie
- **Opis:** Trudności w zorganizowaniu wspólnego czasu pracy oraz rozdzieleniu zadań zgodnie z kompetencjami.
- **Rozwiązanie:** Organizacja dodatkowych spotkań zespołu, ustalenie jasnych ról oraz priorytetów.
- **Czy wystąpiło?** Dzięki zastosowaniu powyższego rozwiązania dane ryzyko nie wystąpiło

- **Problemy z implementacją rozwiązań w środowisku RobotStudio:**
 - **Prawdopodobieństwo wystąpienia:** Wysokie
 - **Opis:** Ograniczona znajomość narzędzi oraz brak dostępnych praktycznych przykładów utrudniały wdrożenie i debugowanie algorytmów.
 - **Rozwiązanie:** Konsultacje z koordynatorem ABB, korzystanie z forum ABB oraz dokumentacji technicznej.
 - **Czy wystąpiło?** Zastosowane rozwiązanie okazało się być niewystarczające, konsultacje z koordynatorem ABB nie przynosiły wymiernych skutków, napotkane problemy ze środowiskiem rozwiązywane były metodą prób i błędów, co znacznie wydłużyło etap wdrożenia w obsługę środowiska.
- **Nieprzewidywalne błędy w symulacji fizyki obiektów:**
 - **Prawdopodobieństwo wystąpienia:** Wysokie
 - **Opis:** Fizyczne zachowanie obiektów w symulacji (np. paczek na przenośnikach) różniło się od rzeczywistości, co prowadziło do błędnych wyników.
 - **Rozwiązanie:** Modyfikacja parametrów symulacji oraz uproszczenie modeli fizycznych.
 - **Czy wystąpiło?** Zastosowanie uproszczonych modeli skutecznie ograniczyło powstawanie błędów w symulacji fizyki, przez co ryzyko to nie wystąpiło
- **Trudności w generowaniu paczek na liniach wejściowych:**
 - **Prawdopodobieństwo wystąpienia:** Wysokie
 - **Opis:** Konieczność koordynacji różnych mechanizmów (aktuatorów, czujników) powodowała częste błędy i komplikacje w programowaniu.
 - **Rozwiązanie:** Iteracyjne poprawki algorytmów, szczegółowe debugowanie oraz testowanie w środowisku symulacyjnym.
 - **Czy wystąpiło?** Pomimo zastosowania powyższego rozwiązania, zespół borykał się z tą sytuacją, konieczne okazało się przejęcie problemu przez wyznaczoną osobę, która dokonała rozkładu zagadnienia na czynniki pierwsze i stworzyła autorskie rozwiązanie.
- **Brak doświadczenia z optymalizacją trajektorii robota:**
 - **Prawdopodobieństwo wystąpienia:** Średnie
 - **Opis:** Niewystarczająca wiedza na temat efektywnej optymalizacji trajektorii robota wpływała na wydłużenie czasu projektu.
 - **Rozwiązanie:** Analiza danych w Signal Analyzer oraz eksperymentowanie z różnymi strategiami optymalizacji.
 - **Czy wystąpiło?** Zastosowane rozwiązanie okazało się wystarczające, dzięki czemu zrealizowano proces optymalizacji.

7. Opis merytoryczny projektu

Projekt dotyczył optymalizacji trajektorii ruchu robota ABB IRB660 w środowisku RobotStudio 2024, które umożliwia programowanie i symulację linii przemysłowych. W ramach pracy opracowano algorytm generowania paczek na trzech liniach wejściowych, które różniły się typem i ilością produktów. Przeprowadzono dwa scenariusze paletyzacji: pierwszy polegał na układaniu paczek na dwóch paletach sekwencyjnie, a drugi – na równoległym układaniu różnych typów produktów na dwóch paletach.

Projekt napotkał trudności w trakcie optymalizowania trajektorii robota, co polegało na redukcji czasu cyklu oraz zużycia energii poprzez analizę sygnałów przy użyciu wbudowanego narzędzia Signal Analyzer. Dodatkowo zaprojektowano i wdrożono mechanizm przekładek między warstwami paczek w celu zapewnienia stabilności produktom na palecie.

8. Wnioski

Co poszło dobrze:

- **Realizacja scenariuszy:** Zrealizowano dwa scenariusze paletyzacji oraz mechanizm generowania paczek na trzech feederach.
- **Proces optymalizacji:** Dokonano optymalizacji trajektorii ruchów robota dla pierwszego scenariusza, dzięki której zużywając mniej energii, realizuje on te same zadania w krótszym czasie.
- **Wykorzystanie zasobów:** Pełne wykorzystanie dostępnych narzędzi, takich jak RobotStudio 2024, biblioteki ABB, SignalAnalyzer.

Słabe strony:

- **Opóźnienia:** Projektu nie udało się zrealizować w pełni (brak optymalizacji 2 scenariusza paletyzacji)
- **Problemy z RobotStudio:** Trudności w implementacji wynikające z braku praktycznych przykładów i ograniczonej dokumentacji do RobotStudio.
- **Mechanizm generowania paczek** Proces ten wymagał więcej czasu niż pierwotnie zakładano (miesiąc dłużej), ze względu na konieczność iteracyjnych poprawek i problemów z fizyką obiektów w symulacji.
- **Brak licencji na RobotStudio Cloud:** Ograniczenia w dostępie do zaawansowanych funkcji środowiska oraz współdzieleniu zasobów w zespole.

Jak temu zaradzić:

- **Szkolenia:** Wprowadzenie obowiązkowego wstępnego szkolenia z obsługi RobotStudio przed rozpoczęciem projektu, obejmującego przynajmniej podstawowe funkcje i symulacje.

- **Dostęp do chmury:** Zapewnienie licencji na RobotStudio Cloud przed rozpoczęciem projektu, co umożliwi zdalny dostęp i lepszą współpracę między członkami zespołu.

Podsumowanie:

W ramach projektu zrealizowano proces symulacji 2 scenariuszy paletyzacji, zaprojektowano mechanizmy generowania paczek oraz przekładek, a także dokonano optymalizacji ruchów robota dla jednego ze scenariuszy. Napotkane problemy, które pojawiły się podczas realizacji opóźniły ukończenie projektu (w skutek czego nie dokonano optymalizacji dla drugiego scenariusza, w założonym czasie). Przez cały okres trwania projektu komunikacja w zespole przebiegała poprawnie, spotkania zespołu odbywały się regularnie, a zadania były sprawiedliwie dzielone między członków grupy projektowej. Finalnie osiągnięto zadowalający efekt, który skutkował pochwałą ze strony firmy ABB Polska podczas prezentacji końcowej projektu.