



PRACA DYPLOMOWA INŻYNIERSKA

Paweł Kaczyński

Możliwości programowalne klocka Lego EV3.

Opiekun pracy:
dr inż. Henryk Dobrowolski

Ocena:

.....

Podpis przewodniczącego
Komisji Egzaminu Dyplomowego



Specjalność: Inżynieria Systemów Informacyjnych

Data urodzenia: 1 marca, 1993 r.

Data rozpoczęcia studiów: 1 listopada, 2012 r.

Życiorys

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Proin pellentesque nisl vitae tellus tempor aliquam. Nullam consequat laoreet pretium. Vivamus vehicula, lectus eu elementum congue, magna dolor pellentesque quam, quis suscipit urna sem sit amet eros. Vivamus tincidunt, leo id egestas condimentum, diam ligula consequat libero, non malesuada orci enim non dolor. Duis nec dolor sit amet ipsum feugiat malesuada ut quis nibh. Quisque ac feugiat enim, rhoncus aliquam justo. Nulla facilisis convallis mauris id mattis. Nam vestibulum, quam non vehicula scelerisque, arcu arcu porta nulla, eget suscipit nisi mauris vel nibh. Donec condimentum, tellus bibendum semper pulvinar, dui lacus dignissim libero, sit amet aliquam justo lacus et magna.

.....

Podpis studenta:

Egzamin Dyplomowy

Złożył egzamin dyplomowy w dniu 2016 roku

z wynikiem

Ogólny wynik studiów

Dodatkowe wnioski i uwagi Komisji

.....

.....

Streszczenie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Proin pellentesque nisl vitae tellus tempor aliquam. Nullam consequat laoreet pretium. Vivamus vehicula, lectus eu elementum congue, magna dolor pellentesque quam, quis suscipit urna sem sit amet eros. Vivamus tincidunt, leo id egestas condimentum, diam ligula consequat libero, non malesuada orci enim non dolor. Duis nec dolor sit amet ipsum feugiat malesuada ut quis nibh. Quisque ac feugiat enim, rhoncus aliquam justo. Nulla facilisis convallis mauris id mattis. Nam vestibulum, quam non vehicula scelerisque, arcu arcu porta nulla, eget suscipit nisi mauris vel nibh. Donec condimentum, tellus bibendum semper pulvinar, dui lacus dignissim libero, sit amet aliquam justo lacus et magna.

Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Proin pellentesque nisl vitae tellus tempor aliquam. Nullam consequat laoreet pretium. Vivamus vehicula, lectus eu elementum congue, magna dolor pellentesque quam, quis suscipit urna sem sit amet eros. Vivamus tincidunt, leo id egestas condimentum, diam ligula consequat libero, non malesuada orci enim non dolor. Duis nec dolor sit amet ipsum feugiat malesuada ut quis nibh. Quisque ac feugiat enim, rhoncus aliquam justo. Nulla facilisis convallis mauris id mattis. Nam vestibulum, quam non vehicula scelerisque, arcu arcu porta nulla, eget suscipit nisi mauris vel nibh. Donec condimentum, tellus bibendum semper pulvinar, dui lacus dignissim libero, sit amet aliquam justo lacus et magna.

Spis treści

1	Wstęp	5
1.1	Motywacja	5
1.2	Założenia	5
1.3	Ograniczenia	6
1.4	Zawartość rozdziałów	6
2	Opis systemu	7
2.1	Wymagania	7
2.2	Cechy	7
2.3	Użyta technologia	7
2.3.1	O ev3dev	7
2.3.2	Konfiguracja	8
2.3.3	Biblioteka	8
2.3.4	Możliwości	8
2.3.5	Narzędzia	9
2.3.6	Konstrukcja robota	9
3	Budowa aplikacji	11
3.1	Moduły i klasy	11
3.1.1	Komendy	11
3.1.2	Akcje	12
3.1.3	Zachowania	12
3.1.4	Robot	12
3.1.5	Komunikacja	12
3.1.6	Nadzorca	12
3.1.7	Moduły dodatkowe	12
4	Zachowania	13
5	Testowanie aplikacji	14
6	Podsumowanie	15

Rozdział 1

Wstęp

Celem niniejszej pracy było zaprojektowanie i implementacja aplikacji kontrolującej zachowanie robotów mobilnych. Jest odpowiedzialna za nadzór nad zachowaniami robotów (agentów), sterowanie sensorami i efektorami oraz komunikację z wyższymi warstwami architektury, weryfikującymi poprawność całego systemu.

...

1.1 Motywacja

Motywacją do podjęcia powyższego tematu było przetestowanie możliwości programowalnych oraz technicznych robota zbudowanego z klocków LEGO Mindstorms EV3. Aplikacja działająca na urządzeniu była napisana z użyciem biblioteki ev3dev [3] w języku C++.

Możliwość dostępu do sterującego klockiem centralnym systemu Linux zdejmuje ograniczenie używania prostych środowisk graficznych i pozwala osiągnąć dużo więcej małym kosztem. Należało zatem sprawdzić, co najnowsza wersja LEGO Mindstorms ma do zaoferowania, w szczególności:

- Wydajność napisanych aplikacji z użyciem ww. biblioteki.
- Skuteczność komunikacji z wykorzystaniem bezprzewodowej sieci Wi-Fi.
- ...

1.2 Założenia

Zostały przyjęte następujące założenia:

- Każdy agent jest zdolny do wykonywania pewnych konkretnych zachowań niezależnie od pozostałych agentów.
- Zachowania te są reprezentowane za pomocą automatu skończonego.

- Dany robot może, ale nie musi być zdolny do wykonania konkretnej czynności. Jest to zależne od podłączonych do niego sensorów i efektorów.
- Każdy robot samodzielnie generuje sposób wykonania danej akcji, na podstawie dostępnych urządzeń.
- Zachowania mogą być dynamicznie tworzone z użyciem specjalnej składni.
- Agenci komunikują się zarówno z jednostką centralną (nadzorującą) jak i między sobą za pomocą sieci bezprzewodowej.
- Urządzeniem nadzorującym może być inny robot, ale pożądana jest też możliwość kontroli z poziomu zwykłego komputera.
- System powinien dostosować się do braków w łączności, umożliwiając komunikację przez pośrednictwo innych agentów.
- Agent może poruszać się tylko po płaskiej powierzchni, co narzucają ograniczenia posiadanego sprzętu.

1.3 Ograniczenia

...

1.4 Zawartość rozdziałów

Rozdział 1 ...

Rozdział 2

Opis systemu

...

2.1 Wymagania

...

2.2 Cechy

...

2.3 Użyta technologia

Istnieje wiele dostępnych środowisk dedykowanych LEGO Mindstorms EV3, z których każde ma trochę inne zastosowanie. Najbardziej dogodnym rozwiązaniem okazał się projekt `ev3dev`.

2.3.1 O `ev3dev`

Projekt `ev3dev` to dopasowana do potrzeb klocka LEGO dystrybucja Linuxa (Debian Jessie), która jest wgrywana na kartę SD i uruchamiana obok istniejącego systemu. Zawsze istnieje możliwość przywrócenia domyślnego stanu klocka przez wyjęcie karty z systemem. Platforma stworzona w ramach `ev3dev` zawiera wiele sterowników, nie tylko do akcesoriów zestawu EV3, ale także poprzednich dystrybucji LEGO Mindstorms oraz komponentów wytwarzanych przez osoby trzecie. Możliwe jest programowanie klocka w języku C/C++, ale `ev3dev` obsługuje też wiele innych języków. To wszystko daje dużą swobodę samemu programowania, jak i sposobu tworzenia programu i komunikacji z urządzeniem. Kompilacja aplikacji może odbywać się bezpośrednio na urządzeniu

lub na komputerze z wbudowanym kompilatorem na procesory typu ARM. Komunikacja z klockiem centralnym realizowalna jest na trzy sposoby: Za pomocą Wi-Fi, Bluetooth lub przy użyciu kabla USB.

2.3.2 Konfiguracja

Konfiguracja nowego systemu odbyła się w kilku krokach:

1. Na kartę microSDHC wgrany został specjalnie spreparowany obraz systemu, pobrany ze strony głównej projektu ev3dev.
2. Przy użyciu połączenia SSH przez kabel USB, system został skonfigurowany i pobrane zostały wszystkie wymagane pakiety.
3. Dalsza komunikacja odbywała się bezprzewodowo z użyciem urządzenia NETGEAR WNA1100, podłączonego do portu USB klocka centralnego.
4. Aplikacja była kompilowana na laptopie z systemem Ubuntu i synchronizowana zdalnie z robotem.

2.3.3 Biblioteka

W ramach projektu ev3dev dostępne są dwa pliki źródłowe napisane w języku C++. Dostarczają one wymagany interfejs do sterowania klockiem centralnym i podłączonymi do niego urządzeniami.

Wersja użytej biblioteki: 0.9.2-pre, rev 3.

Wprowadzone zmiany

Biblioteka nie była kompatybilna ze wszystkimi urządzeniami dostarczonymi przez LEGO, dlatego wymagane było:

- Dopisanie rozpoznawalnych nazw sterowników dla sensorów.
- Zaimplementowanie własnej obsługi diod LED przedniego panelu, w szczególności funkcji migania.

2.3.4 Możliwości

Użyte środowisko Linux oraz język programowania C++ dostarczają praktycznie pełnię możliwości programistycznych, a w szczególności:

- Użycie biblioteki stl i zgodność ze standardem C++11.
- Wątki.

- Polimorfizm.
- Komunikację przez protokół UDP z wykorzystaniem gniazd.

2.3.5 Narzędzia

Projekt aplikacji był rozwijany z wykorzystaniem narzędzie NetBeans. Mimo iż sama aplikacja może być skompilowana z poziomu konsoli i narzędzia Makefile, NetBeans dostarcza także wygodne narzędzia debugujące oraz przyspiesza pisanie kodu.

Konfiguracje aplikacji

Zostały zdefiniowane dwie domyślne konfiguracje:

- **D_ARM**: konfiguracja przeznaczona na urządzenia z procesorami typu ARM. Domyślnie przeznaczona do uruchamiania na robocie mobilnym.

Kompilator: arm-linux-gnueabi-g++

Flagi kompilacji: -D_GLIBCXX_USE_NANOSLEEP -pthread
-static-libstdc++ -std=c++11 -DAGENT

- **D_DESKTOP**: konfiguracja kompilowana z myślą o tradycyjnych komputerach osobistych. Domyślnie przeznaczona do uruchomienia w trybie nadzorcy systemu, komunikującego się zdalnie z robotami.

Kompilator: g++

Flagi kompilacji: -D_GLIBCXX_USE_NANOSLEEP -pthread
-static-libstdc++ -std=c++11

Obie konfiguracje posiadają dodatkowo wersję z przedrostkiem **R_**, które oznaczają wersję Release zamiast wersji Debug.

Inne użyte narzędzia to przede wszystkim aplikacja Doxygen służąca generowaniu dokumentacji kodu programu, system kontroli wersji Git do zarządzania całym projektem oraz oprogramowanie LaTeX, za pomocą którego wygenerowany został ten dokument.

2.3.6 Konstrukcja robota

W celu przetestowania zaimplementowanych funkcjonalności, wyposażono robota w następujące elementy:

- Dwa duże motory do poruszania się po płaskiej powierzchni.

- Ultradźwiękowy sensor odległości ustawiony przodem do kierunku poruszania się.
- Przedni zderzak oraz sensor dotyku do wykrywania zderzeń.
- Sensor koloru do wykrywania zmian w odcieniu powierzchni.

Rozdział 3

Budowa aplikacji

3.1 Moduły i klasy

W celu uzyskania przejrzystości aplikacji, wydzielone zostały moduły¹, które opisują pewien fragment funkcjonalności programu. Moduły niższych warstw mogą być wykorzystywane przez moduły warstw wyższych lub być tylko zestawem dodatkowych narzędzi. Kolejne punkty opisują w czym dany moduł się specjalizuje i jakie klasy wchodzi w jego skład.

3.1.1 Komendy

Klasy komend są tak naprawdę nakładką na istniejące mechanizmy biblioteki `ev3dev`, operujące bezpośrednio na sprzęcie. Oprócz właściwej komendy, będącej poleceniem dla efektora bądź sensora, dana klasa zawiera referencje do obiektu, na którym ma zostać wykonana oraz jej parametry, o ile takowe posiada. Nazewnictwo klas dokładnie odwzorowuje nazwy komend przekazywanych urządzeniom. W obrębie konkretnych komend, definiowane są także stałe opisujące charakter przekazywanych argumentów oraz ich limity.

Komendy zostały podzielone na dwie podgrupy:

Komendy motorów: Klasa bazowa - `CommandMotor`. Zawierają referencje do klasy `Motor` oraz opcjonalnie przechowują także przekazywane parametry. Np przykład: `CommandMotorStop`, `CommandMotorRunForever`.

Komendy sensorów: Klasa bazowa - `CommandSensor`. Zawierają referencje do klasy `Sensor`. Definiują obsługiwane tryby danego sensora. Komendy te nie służą do pobierania wartości, lecz tylko do zmiany ich ustawień. Pobieranie wartości używane jest przy pomocy specjalnej klasy `Devices`. Przykładowa komenda: `CommandSensorSetMode`.

Klasą bazową dla wszystkich komend jest `Command`.

¹W kontekście tej pracy *moduł* oznacza pewną grupę skojarzonych ze sobą klas.

3.1.2 Akcje

Akcje są kolejnym stopniem abstrakcji definiowania zachowań robota. Klasy akcji przechowują przede wszystkim sekwencje komend, które mają zostać wykonane. Ponadto, z powodu natychmiastowego charakteru wykonywania wszystkich zgromadzonych komend, akcja może mieć zdefiniowany warunek jej zakończenia. Przyjmuje ona postać funkcji anonimowej, w której następuje zwrócenie wartości prawda lub fałsz na podstawie dowolnie sprecyzowanych instrukcji. Pozwala to wyższej warstwie sterującej sprawdzić, czy kolejna akcja może zostać wykonana. Dodatkowo, akcje mogą deklarować dopuszczalne zdarzenia, które przerywają jej działanie lub zmieniają jej parametry.

Wszystkie dostępne klasy są zdefiniowane w aplikacji i nie istnieje możliwość zwiększenia zbioru o nowe bądź dynamicznego generowania nowych, własnych klas. Ta decyzja implementacyjna jest podyktowana....

3.1.3 Zachowania

3.1.4 Robot

3.1.5 Komunikacja

3.1.6 Nadzorca

3.1.7 Moduły dodatkowe

Rozdział 4

Zachowania

Rozdział 5

Testowanie aplikacji

Rozdział 6

Podsumowanie

Bibliografia

Publikacje

- [1] TEST 1. „Multidimensional monitoring of computer systems”. W: *Proc. of IEEE Symp. and Workshops on Ubiquitous, Autonomic and Trusted Computing* (2009), s. 68–74.
- [2] TEST 2. *The NAS Kernel Benchmark Program*. URL: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19850024482.pdf>.

Źródła internetowe

- [3] *Strona domowa ev3dev*. URL: <http://www.ev3dev.org/>.