

Prof. dr hab. inż. Tomasz Szmuc  
Katedra Informatyki Stosowanej  
Akademii Górniczo-Hutniczej  
Al. Mickiewicza 30, 30-052 Kraków  
e-mail: tsz@agh.edu.pl

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Macieja Łaskiego:

### ***Metodyka AADL projektowania rozproszonych systemów czasu rzeczywistego w autonomicznej platformie mobilnej***

#### **1. Charakterystyka wyboru tematu i przedmiot rozprawy**

Tematyka rozprawy lokuje się w obszarze projektowania i implementacji rozproszonych systemów czasu rzeczywistego. W szczególności dotyczy konstrukcji konkretnego systemu czasu rzeczywistego do sterowania i zarządzania platformą mobilną. System składa się z wielu modułów realizujących funkcje sterowania (zasilaniem, napędem), przetwarzania obrazów, obsługi czujników oraz zadań autonomicznych. Realizacja tak złożonego zadania wymagała zaangażowania zespołu badawczego, całość przedsięwzięcia była wykonywana w ramach grantu MNiSzW: *Autonomiczny robot pola walki przeznaczony do zadań zwiadu i wykrywania min*. Projekt był realizowany przez zespół Instytutu Informatyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej współpracujący z przedsiębiorstwem PREXER sp. z o.o. Rozprawa doktorska opisuje część projektu realizowaną przez Doktoranta. Szczególny nacisk położony przy tym na pokazanie strony informatycznej tej części, stąd niniejsza recenzja skupia się na ocenie tych aspektów osiągnięć Autora.

Zagadnienie konstrukcji rozproszonych systemów czasu rzeczywistego jest zadaniem złożonym i stanowi ciągle wyzwanie dla konstruktorów tych systemów. Istotną i ważną klasą są systemy mobilne, gdzie konieczność rozpoznawania sceny w czasie rzeczywistym i synchronizacja z lokalizacją położenia i wykonywaniem zadań autonomicznych (realizujących misję systemu) wymaga szczególnej uwagi przy projektowaniu i bardzo uważnej analizy poprawności. Warto zaznaczyć, że mimo istniejących i rozwijanych ciągle narzędzi i metodyk wytwarzania, ten segment inżynierii oprogramowania wymaga dalszego rozwoju, a kolejne udane aplikacje wzbogacają doświadczenie i pokazują ścieżki właściwego prowadzenia tego typu przedsięwzięć. Ponadto nie wszystkie funkcjonalności związane ze sterowaniem i misją tych systemów doczekały się zadawalających rozwiązań. Warto przy tym podkreślić, że nawet gdy niektóre zadania lokowane w warstwie aplikacyjnej zostały rozwiązane, to wymagania czasu reakcji oraz ograniczenia energii zmuszają do szukania nowych bardziej efektywnych algorytmów. Powyższe czynniki powodują, że obszar konstrukcji specjalizowanych systemów czasu rzeczywistego jest ciągle otwarty i zawiera szereg zadań wymagających kolejnych badań. Recenzowana rozprawa mieści się w tym ostatnim nurcie. Celem pracy było zaprojektowanie (i wytworzenie) istotnego fragmentu rozproszonego systemu sterowania platformą mobilną i odpowiednich modułów zapewniających żadaną funkcjonalność. Docelowe rozwiązanie winno mieć strukturę modułową oraz możliwości skalowania. Założono ponadto, że system powinien umożliwiać zdalne i intuicyjnie proste sterowanie platformą. Teza rozprawy (str. 20):

„Możliwa jest skuteczna, wykorzystująca metodykę AADL integracja algorytmów sterowania i zarządzania w czasie rzeczywistym napędem oraz ramieniem obserwacyjnym autonomicznej platformy mobilnej z akwizycją i przetwarzaniem informacji sensorycznej w celu realizacji jej funkcjonalności.”

W rozprawie przeprowadzono konstrukcję w celu wykazania wspomnianej tezy.

## 2. Konstrukcja rozprawy

Rozprawa, oprócz *Wstępu* i *Podsumowania*, składa się z 3 zasadniczych części oraz starannie opracowanej bibliografii zawierającej 104 pozycje związane z tematyką badań. Całość jest prezentowana łącznie na 132 stronach.

W rozdziale pierwszym (*Wstęp*) scharakteryzowano tematykę rozprawy, podano krótką motywację wyboru tematu badań, określono zakres cel, tezę i zasadnicze elementy rozprawy.

Projektowanie i implementacja systemów czasu rzeczywistego wymaga rozwiązania problemów lokowanych w różnych obszarach informatyki, automatyki, elektroniki i mechaniki. W części pierwszej przedstawiono stan wiedzy, skupiono się przy tym na warstwie informacyjnej definiując podstawowe pojęcia związane z rozproszonymi systemami czasu rzeczywistego, dokonano krótkiego przeglądu metodyk projektowania systemów czasu rzeczywistego oraz przedstawiono skrótowo podstawowe elementy metodyki AADL (*Architecture Analysis and Design Language*). Metodyka ta i związany z nią język zostały przez Autora wybrane do modelowania w fazach analizy i projektowania.

Część druga zawiera opis systemu zarządzania platformą mobilną. W pierwszym z dwóch rozdziałów zdefiniowano wymagania oraz przedstawiono model architektury tego systemu. W drugim z nich opisano modele poszczególnych modułów: napędowego, ramienia, pozycji i orientacji wyznaczania bezkolizyjnej ścieżki ruchu, przetwarzania obrazów, konsoli użytkownika, komunikacyjny, wykrywacza min i zasilania. Wspomniany opis systemu odpowiada modelowi architektury systemu i jest opisany w języku AADL, która jest pewną odmianą graficznej notacji obiektowej.

Model architektury pokazuje kontekst całego systemu. W kolejnej części opisano opracowane i zaimplementowane przez Autora algorytmy zarządzania platformą mobilną. W pierwszym rozdziale tej części przedstawiono system sterowania sześciokołowym napędem platformy. Opisano centralny moduł sterowania napędem oraz układy sterowania pojedynczym silnikiem. W kolejnym rozdziale opisano system sterowania ramieniem robota składający się z jednostki centralnej (procesor sygnałowy) oraz czterech podzespołów napędowych przegubów. Wymagało to opracowania i zaimplementowania szeregu algorytmów w tym przystosowanie algorytmów kinematyki odwrotnej do ograniczonych zasobów (energia, moc obliczeniowa) dostępnych na platformie. Na końcu ramienia zamontowany jest zespół trzech kamer obserwacyjnych skonfigurowanych i sterowanych układami/modułami opracowanymi przez Autora. W ostatnim rozdziale tej części opisano opracowany iteracyjny algorytm dopasowania stosowany do lokalizacji robota mobilnego z wykorzystaniem skanera laserowego. Wykonano implementację tego algorytmu oraz zaproponowaną metodę przyspieszenia wykorzystującą znaną strukturę drzewa KD.

## 3. Ocena merytoryczna rozprawy

Recenzowana rozprawa dotyczy ważnego i aktualnego obszaru badawczego związanego z konstrukcją specjalizowanych rozproszonych systemów czasu rzeczywistego. Autor uczestniczył

w zespole realizującym projekt konstrukcji autonomicznego robota pola walki do zwiadu i rozpoznawania min. W ramach wspomnianego projektu wykonał badania (opracowanie nowych algorytmów), prace projektowe i implementacyjne poniższych modułów funkcjonalnych:

1. Sterowanie zasilaniem wszystkich elementów platformy mobilnej.
2. Sterowanie mobilnej sześciokołowej platformy: niezależna regulacja prędkości kół, kontrola trakcji zmniejszająca zużycie energii wraz z opracowaniem zagadnień dodatkowych – zabezpieczenie elementów wykonawczych, wymiana danych z jednostką centralną.
3. Sterowanie ramieniem obserwacyjnym opracowanie algorytmów: regulacji prędkości kątowej w przegubach manipulatora (kinematyka prosta i odwrotna) i umożliwiających sterowanie intuicyjne.
4. Jednoczesna budowa mapy nieznanego otoczenia i lokalizacja na podstawie danych ze skanera laserowego.

Realizacja wspomnianych zadań wymagała przeprowadzenia analizy, zaprojektowania nowych algorytmów i ich implementacji, jak również żmudnych testów modułowych, integracyjnych i wreszcie aplikacyjnych na poligonie wojskowym.

Uzyskane wyniki są wartościowe i wraz z opisaną konstrukcją mogą być potraktowane jako dowód przytoczonej wcześniej tezy rozprawy.

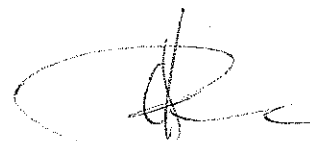
Przeprowadzona w pracy konstrukcja jest poprawna, jednak nasuwają się drobne uwagi, mające charakter dyskusyjny.

1. Rozprawa ma zwarty charakter, niemniej w niektórych jej fragmentach odczuwa się brak dokładniejszego opisu zaproponowanych rozwiązań. W szczególności odnosi się to do części II i III, w których podano strukturę (modele obiektowe) odpowiednich modułów, brak jest dokładniejszego opisu ważnych fragmentów proponowanego rozwiązania. Interesujący byłby również opis procesu integracji modułów i odpowiedniego testowania.
2. Wybór notacji i metodyki AADL powinien być lepiej umotywowany. Istnieją inne metodyki modelowania systemów czasu rzeczywistego np. ROPES (*Rapid Oriented Process for Embedded Systems*) bazujące na języku UML. Otwarty charakter języka UML umożliwia definiowanie własnych symboli i rozszerzanie tego języka, a istniejące narzędzia modelowania ułatwiają budowanie modeli.
3. Jednym z istotnych problemów przy konstrukcji systemów komputerowych systemów czasu rzeczywistego jest właściwa obsługa wyjątków (*exceptions*). Byłoby interesujące jak w kontekście opracowanych modułów rozwiązano ten problem i w jaki sposób sprawdzono poprawność implementacji.

#### **4. Wniosek końcowy**

W podsumowaniu należy stwierdzić, że przedstawiona do oceny rozprawa zawiera wartościowe wyniki, które stanowią oryginalny wkład w obszarze modelowania, projektowania i implementacji rozproszonych specjalizowanych systemów czasu rzeczywistego. Należy podkre-

ścić oryginalne i wartościowe propozycje algorytmów sprawdzone przez implementację i testowanie w rzeczywistym środowisku. Warto również zaznaczyć, że oceniana praca stanowi dobrze określony fragment większej całości będącej zakończonym sukcesem projektu konstrukcji autonomicznego robota przeznaczonego do rozpoznania pola walki. Wymagało to dodatkowych umiejętności współpracy z pozostałymi członkami zespołu, co jest ważnym elementem decydującym o powodzeniu większości aktualnych przedsięwzięć. Wymienione w poprzednim punkcie uwagi mają charakter dyskusyjny. W związku z powyższym stwierdzam, że praca pt.: *Metodyka AADL projektowania rozproszonych systemów czasu rzeczywistego w autonomicznej platformie mobilnej służ* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Macieja Łaskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



*Tomasz Szmuc*