

Controle de um Robodeck Usando Dispositivos Móveis

Felipe C. Freitas^{*}
Dep.Eng.Elétrica - UFC
Av. Mister Hull S/N
Campus do Pici
Fortaleza-Ceará

Marcus V.L.M. Andrade[†]
Dep.Eng.Computação - UFC
Av. Mister Hull S/N
Campus do Pici
Fortaleza - Ceará

Francisco V. Andrade[‡]
IFCE - Cedro
Al. Dom José Quintino S/N
Prado
Cedro - Ceará

ABSTRACT

This work presents the control of a robodeck, using applications for mobile devices powered by visual components as well as using voice commands. The applications were developed using the APP Inventor tool. In order to convert the application commands into messages recognizable by Robodeck, a mediation system developed with the OCTAVE tool was used, which receives the commands from the mobile device via the bluetooth interface and sends them to Robodeck for execution. A modification was made to the robot's original structure, so that the card performing the function of High Performance Module (MAP), was replaced by a Raspberry PI 3, where the Raspbian operating system was installed and the MAP was compiled into this operating system. The developed applications can be installed on any mobile device with the Android system. Tests with the applications and the system showed an adequate performance of them in relation to the movement of the robot. Quantitative evaluations were carried out to measure the degree of quality obtained with the developed interfaces.

RESUMO

Este trabalho apresenta o controle de um robodeck, utilizando-se aplicativos para dispositivos móveis acionados por componentes visuais bem como utilizando comandos de voz. Os aplicativos foram desenvolvidos utilizando-se a ferramenta APP Inventor. Para realizar conversão dos comandos dos aplicativos em mensagens reconhecíveis pelo Robodeck, foi utilizado um sistema de mediação desenvolvido com a ferramenta OCTAVE, que recebe os comandos do dispositivo móvel via interface bluetooth e os envia ao Robodeck para execução. Foi executada uma modificação na estrutura original do robô: A placa que desempenha a função de Módulo de Alta Performance (MAP), foi substituída por uma

*camaraf12@yahoo.com.br

†marcusvinciuslma@gmail.com

‡vanierandrade@ifce.edu.br

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Raspberry PI 3, onde foi instalado o sistema operacional Raspbian e compilado o MAP neste sistema operacional. Os aplicativos desenvolvidos podem ser instalados em qualquer dispositivo móvel com o sistema Android. Testes com os aplicativos e o sistema mostraram um percentual de acertos acima de 95% em relação à movimentação correta do robô. Foram realizadas avaliações quantitativas para se mensurar o grau de qualidade obtido com as interfaces desenvolvidas.

Keywords

Robodeck; Comandos de Voz; Inventor

1. INTRODUÇÃO

O uso de robôs móveis está a cada dia sendo frequente devido à crescente necessidade de sua aplicação em diversas áreas. No meio industrial e também no hospitalar têm sido cada vez mais frequente seu uso para o transporte de material e de medicamentos. No ambiente doméstico têm sido aplicados às tarefas de cuidados geriátricos de pediátricos, bem como em atividades de limpeza. Além dessas, atividades de segurança em ruas e fronteiras, combate de incêndios e exploração espacial, busca de sobreviventes em acidentados são outras aplicações onde seu uso torna-se cada vez mais necessária. O Robodeck foi desenvolvido pela empresa Xbot com finalidades de pesquisa e educacional. Este robô possui diversos sensores já incorporados ao hardware básico, como bússula, GPS, Sonares, dentre outros [6], além disso é possível modificar seu hardware incluindo outros sensores necessários, bem como uma modificação de seu hardware/software, através da atualização de seus sub-sistemas [11]. O Robodeck tem sido utilizado em diversos textos para solucionar problemas, devido à sua facilidade de desenvolvimento. Adequar os robôs móveis ao ROS (textitRobotic Operating System) é uma tarefa que tem gerado bastante estudo e dedicação de diversos autores [2, 5], sendo necessário para aplicações na navegação [9] e mapeamento de robôs móveis são áreas de pesquisa com grandes contribuições atualmente, exigindo algoritmos de reconhecimento e desvio de obstáculos complexos [8].

A interface para movimentação do robodeck em sua versão 1.0 foi desenvolvida para computadores pessoais, tendo sido desenvolvida para o sistema operacional Windows XP e apresentando problemas de compatibilidade com atualizações deste sistema operacional.

O desenvolvimento de interfaces para a movimentação do robodeck é uma área bastante atrativa, uma vez que envolve o uso integrado de aplicativos para dispositivos móveis, bem como conhecimento de hardware e software do robô.

O uso de interfaces de reconhecimento de voz é bastante encorajador, pois permite que pessoas portadoras de necessidades especiais possam utilizar o robô [1]. Essas interfaces permitem que um operador possa fazer a movimentação do robô para a realização de tarefas em um ambiente de modo não autônomo.

A execução de tarefas de movimentação não autônoma realizada neste trabalho utilizou o uso de um servidor desenvolvido para o aplicativo OCTAVE [3] que recebe os comandos do dispositivo móvel, os interpreta e realiza a comunicação com o Módulo de Alta Performance (MAP) do Robodeck para executar os comandos recebidos. Foram desenvolvidas duas interfaces para a realização destas tarefas. A primeira destas interfaces utiliza-se do reconhecimento de voz, onde um dicionário de comandos limitado foi utilizado para a movimentação. A segunda interface utiliza-se de botões para a movimentação. Para a realização do trabalho foi realizada uma atualização do Módulo de Alta Performance substituída por uma placa modelo Raspberry PI 3, com o sistema operacional Raspbian instalado. O desenvolvimento destas interfaces tem como objetivo facilitar o uso do Robodeck. Deseja-se implantar cursos de extensão para alunos de escola pública, tornando mais atrativo o ensino de robótica.

Este artigo está dividido do seguinte modo: A seção Robodeck apresenta de uma forma resumida algumas características do robô utilizado neste trabalho, bem como algumas referências que foram base para a realização da parte prática. A seção Modelagem Matemática apresenta a modelagem cinemática de um robô com uma estrutura semelhante à do robô utilizado, baseado na geometria de Ackermann. Na seção Interfaces de Comandos são apresentados os aplicativos utilizados para o envio de comandos ao Robodeck. A seção Resultados mostra através de uma descrição quantitativa os resultados obtidos utilizando-se as interfaces desenvolvidas.

2. TRABALHOS CORRELATOS

Diversos autores têm utilizado o robodeck no desenvolvimento de trabalhos de pesquisa. Alguns destes trabalhos foram utilizados como base na geração deste texto, dentre os quais podem ser citados: O uso de um ambiente de simulação desenvolvido em Python em [2]. Em [7] pode ser encontrado o desenvolvimento de uma plataforma utilizando ROS (*Robotic Operating System*) e uma integração entre o ROS e o MAP em [5].

Outros autores desenvolveram aplicações relacionadas à navegação usando o Robodeck. Em [8] é apresentado o uso de algoritmos de auxílio à navegação para desvio de obstáculos, enquanto em [9], a navegação é auxiliada por técnicas de processamento digital de imagens. O uso de outras interfaces e ferramentas também pode ser encontrado na literatura. Em [1] é apresentado um sistema para envio de comandos através do reconhecimento de voz aplicado ao robodeck. O desenvolvimento de um conjunto de ferramentas OCTAVE para facilitar o desenvolvimento de aplicações pode ser consultada em [3].

3. ROBODECK

O Robodeck foi projetado para ser utilizado como um robô de pesquisa e educacional, baseado na geometria de Ackermann. É um robô que possui quatro rodas orientáveis, sendo

que as duas rodas dianteiras são utilizadas para tração. A Figura 1 mostra o robô utilizado neste trabalho. Este robô pertence ao Laboratório de Automação e Robótica do Instituto Federal do Ceará - Campus Cedro.



Figure 1: O Robodeck

Uma vantagem do Robodeck é que devido ao fato de este ter sido construído de forma modular, permite que modificações e atualizações de hardware sejam possíveis, bem como a adição de novos periféricos [6]. No robô utilizado neste trabalho, a placa que corresponde ao módulo de alta performance foi substituída por uma Raspberry PI-3, onde foi instalado o sistema operacional Raspbian stretch, onde foi compilado o software MAP. Foi utilizado o OCTAVE como ferramenta de desenvolvimento, pois foi criado um conjunto de funções (*toolbox*) para facilitar o desenvolvimento de aplicações para este robô. Maiores detalhes sobre a *toolbox* podem ser encontradas em [3].

O robô utilizado neste trabalho corresponde à versão 1.0. Nesta versão o *hardware* é composto de 2 microcontroladores, sendo um para a execução de funções básicas de movimentação e coleta dos sensores e outro para gerenciar a comunicação.

Em sua configuração de fábrica, o Robodeck possui 4 rodas acionadas independentemente através de servomotores e a tração é realizada através de 2 motores DC sem escovas, acoplados às rodas dianteiras.

Para a realização deste trabalho, os servomotores traseiros foram alinhados com o chassi do robô, e os servomotores dianteiros foram utilizados para fazer o direcionamento do robô, de modo que o robô possui manobrabilidade semelhante à de um automóvel.

A Figura 2 mostra a arquitetura do Robodeck.

O Módulo de Controle Robótico (MCR) faz o controle e acionamento dos sensores e atuadores do robô, sendo esta função realizada por uma placa com possibilidade de expansão, onde é utilizado um microcontrolador ARM.

O Módulo de Controle de Comunicação (MCC) controla o fluxo de dados entrando e saindo do robô. Esse módulo faz a conexão do MAP ao MCR através de uma conexão serial. É desempenhado por uma placa Jennic

O Módulo de Alta Performance (MAP) possui um conjunto de instruções de alto nível para controlar o robô. Permite a conexão ao robô via WiFi e Bluetooth.

O Robodeck pode ser expandido adicionando-se novos per-

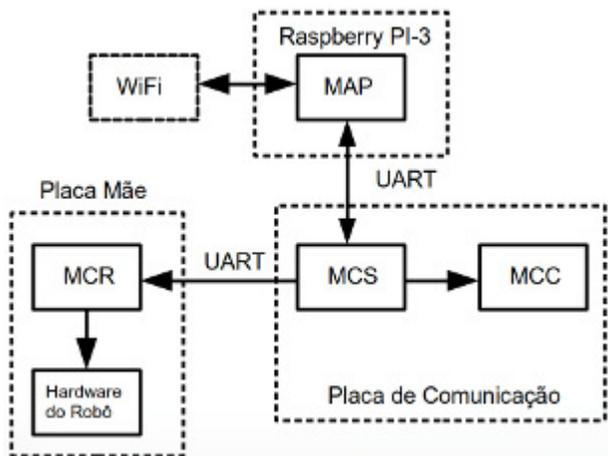


Figure 2: Arquitetura do Robodeck.

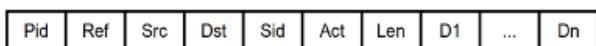


Figure 3: Formato do pacote

iféricos. Quando aplicativos externos são utilizados para enviar comandos ao robodeck, estes devem ser enviados na forma de mensagens, definidas através um protocolo. Cada sensor e atuador possui um endereço utilizado para que a comunicação com estes possa ser efetivada. A Figura 3 mostra o formato do pacote utilizado para enviar mensagens ao robodeck.

Os campos D1...Dn referem-se ao tipo de mensagem a ser executada. Quando o Pacote chega ao Módulo de Alta Performance (MAP), a mensagem é retirada e enviada ao Módulo de Controle Robótico (MCR). Após a execução, é enviada uma resposta ao controlador. Para maiores detalhes sobre o significado de cada campo do pacote, ver [11].

No Robodeck utilizado neste trabalho, foi utilizada apenas a comunicação via WiFi. Ao ser ligado, o Robodeck cria um ponto de acesso e inicia o MAP. O controlador se conecta à rede inicializada pelo robô, recebendo um endereço IP (*Internet Protocol*) dinâmico e este controlador deve abrir uma sessão, recebendo uma identificação de sessão. Todos os pacotes enviados pelo controlador devem conter a identidade da sessão enviada pelo robô ao controlador. Esse identificador deve ser utilizado até que a sessão seja fechada.

4. MODELAGEM MATEMÁTICA

Serão consideradas duas restrições de movimentação do robodeck: A primeira condição é de que o robô não desliza lateralmente, ou seja, o movimento ocorre apenas paralelo ao plano das rodas. A segunda restrição supõe que não há deslize frontal, conforme [10].

Será utilizado o modelo cinemático do robô apresentado em [4], sendo a postura do robô dada pela Eq. 1.

$$q = \begin{pmatrix} x \\ y \\ \theta \\ \phi \end{pmatrix} \quad (1)$$

Onde: x e y são respectivamente a abscissa e ordenada

do ponto médio entre as rodas traseiras do robô, θ é ângulo de orientação do robô e ϕ é o ângulo de direção das rodas dianteiras.

As entradas de controle são a velocidade linear do ponto médio entre as rodas traseiras e a velocidade de orientação das rodas dianteiras.

O modelo cinemático completo é apresentado na Eq.2.

$$\dot{q} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 \\ \sin\theta & 0 \\ \frac{\tan\phi}{L} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{u} \quad (2)$$

5. METODOLOGIA

Esta seção apresenta a arquitetura e as interfaces desenvolvidas para o controle do robodeck. Todas as interfaces foram desenvolvidas usando o App Inventor. Neste trabalho foram utilizadas duas interfaces, entretanto podem ser utilizadas outras formas de acionamento a serem desenvolvidas futuramente. Estes trabalhos também serão ponto de partida para o desenvolvimento de controladores de trajetória e estabilização para o Robodeck.

5.1 A arquitetura do Sistema

O sistema desenvolvido permite que o usuário possa interagir com o Robodeck de duas formas: A primeira destas formas inclui uma interface gráfica com objetos gráficos visuais, onde é permitido movimentar o robô, alterar sua velocidade e fazer o seu direcionamento. Na segunda forma, a movimentação é realizada através de comandos de voz. A Figura 4 mostra a arquitetura utilizada para a utilização das interfaces de envio de comandos ao robodeck.

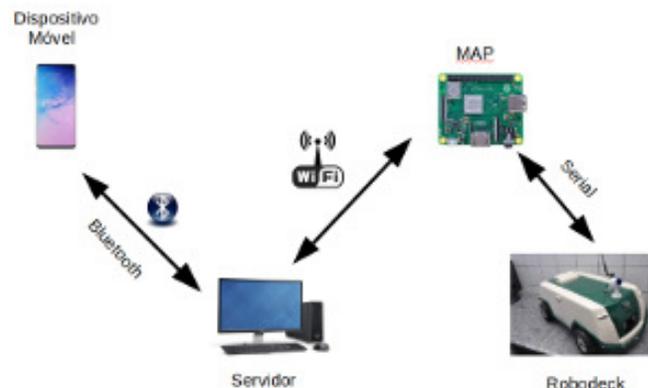


Figure 4: Arquitetura do Sistema

O tipo de interface utilizada é reconhecido no servidor através de um número indicador. O número 1, indica comandos provenientes da interface gráfica visual de comandos e o número 2 indica comandos obtidos com a interface de voz. Podem ser criadas outras formas de acionamento para o robô. A mensagem enviada do dispositivo móvel, possui a seguinte estrutura:

II;MSG;

Onde II é um número inteiro de 0 a 99, que define o tipo de interface que está enviando o comando, MSG é a mensagem

a ser executada. Os caracteres ';' servem como delimitador de campos. Todos os campos da mensagem devem ser convertidos, no dispositivo móvel, para a string antes de serem enviados ao servidor para sua execução.

5.2 A Interface de Voz

O processo de reconhecimento de voz é bastante complexo e requer um conhecimento de diversas áreas, como: Processamento de sinais, Reconhecimento de padrões, Lingüística, Acústica entre outras [1]. Esse processo de reconhecimento pode ser dependente ou independente do locutor. No primeiro caso, o sistema precisa ser treinado para reconhecer características da voz de seus usuários, enquanto estes últimos não necessitam de treinamento para obter padrões acústicos. Em [1] são apresentadas diversas opções de softwares utilizados no reconhecimento de voz. A Figura 5 apresenta a interface de voz utilizada para o envio de comandos ao Robodeck. Foi definido um pequeno dicionário de comandos reconhecíveis. O comando de voz é convertido em texto e enviado a uma máquina utilizada como servidor. Quando o comando na forma de texto é recebido, são removidos todos os espaços em branco e as letras convertidas em caixa baixa.

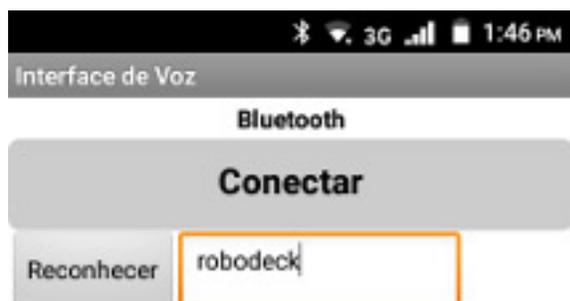


Figure 5: Interface de Voz

5.3 A Interface Gráfica

A Figura 6 apresenta a interface do aplicativo utilizado para o envio de comandos ao robô.



Figure 6: Interface de Comandos

O aplicativo possui componentes gráficos visuais, permitindo o acionamento dos motores e coleta de informações dos sensores.

6. RESULTADOS

De modo a se mensurar o desempenho destas interfaces, foram realizados acionamentos e considerado satisfatório quando o robô executasse o comando e não satisfatório, em caso contrário. As interfaces desenvolvidas tiveram um bom desempenho em relação à execução dos comandos, com média de execução correta em torno de 96%.

Com a interface gráfica, ao pressionar um dos botões, um comando é enviado usando a interface bluetooth da Raspberry PI-3, esse comando é recebido pelo script OCTAVE e executado pelo MAP. O envio de comandos foi repetido com o robô distante de até 15 metros do dispositivo móvel.

Para se verificar o percentual de acertos de comandos da interface gráfica foi adotado o seguinte procedimento: O

Table 1: Resultados da Execução de Comandos

Comandos	Distância (m)	Acertos
20	0 a 4	19
20	5 a 9	19
20	10 a 14	18
20	15 a 19	15

robô foi colocado em um ponto e foram realizadas marcações em pontos no piso correspondentes às distâncias de 4m, 9m e 15m medidos a partir da localização do mesmo. Foram enviados apenas comandos de giro à esquerda e giro à direita de modo que o robô permanecesse no mesmo ponto, mantendo o robô fixo. Entre cada ponto marcado foram executados 20 comandos de giro alternando-se os lados.

A Tabela 1 apresenta resumidamente os resultados obtidos. Não foram realizados testes para distâncias superiores a 20 metros, devido à perda de conexão entre o dispositivo móvel e o robô. Os resultados representam uma média de acertos de 17,75, com desvio padrão de 1,89. Os erros obtidos se relacionam ao envio dos comandos ao sistema de que os traduz para envio ao Módulo de Alta Performance do robodeck, bem como a comandos não executados pelo robô. Os ensaios com a interface de voz foram realizados com um robô manipulador. Estes ensaios não foram realizados neste trabalho devido à necessidade de conexão à internet indisponível no local dos testes. Foram considerados como acertos a execução do comando com até 5 segundos após o uso da interface. Há que se considerar que o atraso de resposta pode ser influenciado pelo processamento no Raspberry PI 3 onde o Módulo de Alta Performance. Outro fator que pode levar ao atraso de resposta está relacionado à comunicação entre o Módulo de Alta Performance e o Módulo de Controle Robótico, cuja comunicação ocorre a uma taxa de 19200 bps.

7. CONCLUSÃO

O uso de novas interfaces para o acionamento do Robodeck facilita e o torna mais atrativo ao aprendizado. Além disso, pessoas com deficiência também podem se beneficiar do uso dessas ferramentas, tornando, além de robôs, outros tipos de equipamentos também acessíveis.

Aplicativos semelhantes a estes serão utilizados como ferramentas didáticas a serem utilizadas em cursos de extensão ministrados aos alunos de escolas públicas, onde se farão mais análises e possíveis melhorias visando facilitar seu uso aos estudantes. Ferramentas semelhantes estão sendo desenvolvidas para aplicação em outros robôs, Deseja-se integrar o robô às novas tecnologias emergentes. Trabalhos futuros pretendem implantar algoritmos de localização e mapeamento para que o robô se desloque de modo autônomo no ambiente.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Ceará - Campus Cedro pela utilização da infra-estrutura e equipamentos para a realização do trabalho.

9. REFERENCES

- [1] T. J. Bezerra. *Arquitetura para Integração de Módulos de Reconhecimento de Fala em Plataforma Robótica*

- Móvel*. PhD thesis, Universidade Metodista de Piracicaba, 2012.
- [2] J. A. B. da Silva, A. F. Moreira, A. da Silva Fernandes, A. V. de Araújo Batista, and P. H. A. Miranda. Ambiente de simulação em python baseado no robodeck com arquitetura planejador-reator. In *Anais da Mostra Nacional de Robótica*, 2017.
- [3] F. C. de Freitas, F. V. de Andrade, and M. V. L. M. de Andrade. Um conjunto de ferramentas octave para uso em um robodeck. In *Mostra Nacional de Robótica*, 2019.
- [4] F. Fahimi. *Autonomous Robots Modeling, Path Planning, and Control*. Springer, Edmonton, 2009.
- [5] T. Y. Gashu. *Integração do Sistema Operacional ROS com o Módulo de Alta Performance da Plataforma Robodeck*. PhD thesis, Universidade Federal de São Paulo, 2014.
- [6] X. Hardware. *Robodeck Apostila Mecatrônica*. Xbot, Versão 1.0, 2011.
- [7] M. C. Menezes, C. G. M. Nascimento, and A. C. M. de Oliveira. Mapeamento e localização para o kit robótico robodeck. In *VI Jornada de Informática do Maranhão*, 2016.
- [8] D. C. W. Min. *Método de desvio de obstáculos aplicado em veículo autônomo*. PhD thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.
- [9] G. Orlandini. *Desenvolvimento de Aplicativos Baseados em Técnicas de Visão Computacional para Robô Móvel Autônomo*. PhD thesis, Universidade Metodista de Piracicaba, 2012.
- [10] R. Siegwart and I. R. Nourbakhsh. *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. MIT Press, Cambridge, 2004.
- [11] X. Software. *Xbot Software*. Xbot, Versão 1.0, 2011.