

PLANEJAMENTO DA ROBOTIZAÇÃO DE UNIDADES ESTACIONÁRIAS DE PRODUÇÃO USANDO REALIDADE VIRTUAL

ISMAEL SANTOS, MAURICIO GALASSI

CENPES, Petrobras, Rio de Janeiro, Brasil

E-mails: {ismaelh, mauricio.galassi}@petrobras.com.br

FELIPE CARVALHO, PHILIP DUNKER, THIAGO MOTTA, ALBERTO RAPOSO

Instituto Tecgraf, PUC-Rio

Rio de Janeiro, Brasil

E-mails: {kamel, pdunker, trmotta, abraposo}@tecgraf.puc-rio.br

Abstract—Recent discoveries of reservoirs in ultra-deep water (400 feet or deeper), located in remote locations far from the coast, have greatly increased the complexity of production and logistics costs for the Oil & Gas industry. In such scenarios, the oil exploitation feasibility depends on the adoption of new technologies to leverage production efficiency and also increase the safety of operational procedures and reduce the number of people on-board (POB). One possible solution to tackle with this problem is to increase the degree of automation in offshore platforms, also known as Stationary Production Units (SPU), using robotic devices in such scenarios. In this paper we present the use of virtual reality techniques in a virtual robotics simulator, SimVR-Robotics (Virtual Reality Robotics Simulator), aimed to enable planning the offshore platform robotizing process. SimVR-Robotics has an integrated Virtual Reality Engine specially tailored to provide realistic visualization of large offshore models in immersive environment scenarios. Through the use of tools and visualization techniques using virtual reality, it is possible to better understand and improve the quality of the planned robot trajectory while performing a specific robotics task. It is also possible to propose new algorithms that can be further improved in the virtual environment. The design and validation processes of a robotic task in an immersive virtual environment reduce costs and risks associated with constructing real testing scenarios. In some cases, such as SPUs, creating those testing scenarios is almost impossible.

Keywords—virtual reality; robot simulation; offshore platforms

Resumo—As recentes descobertas de reservatórios em águas ultra profundas (400 metros ou mais), localizadas em locais remotos distantes da costa, têm aumentado consideravelmente a complexidade da produção e os custos de logística para a indústria de Óleo & Gás. Em tais cenários, a viabilidade da exploração de petróleo depende da adoção de novas tecnologias para alavancar a eficiência da produção além de aumentar a segurança dos procedimentos operacionais e reduzir o número de profissionais embarcados. Uma possível solução para resolver este problema é aumentar o grau de automação das plataformas offshore, também conhecidas como Unidades Estacionárias de Produção (UEP), usando dispositivos robóticos em tais cenários. Neste artigo, apresentamos o uso de técnicas de realidade virtual em um simulador de robótica virtual, SimVR-Robotics (Simulador Robótico em Realidade Virtual), com o objetivo de permitir o planejamento do processo de robotização de plataformas offshore. O SimVR-Robotics contém uma engine de Realidade Virtual especialmente adaptada para proporcionar visualização realista de grandes modelos offshore em ambientes virtuais imersivos. Através da utilização de ferramentas e técnicas de visualização utilizando realidade virtual, é possível compreender e melhorar a qualidade da trajetória planejada para o robô durante a execução de uma tarefa robótica específica. Também é possível propor novos algoritmos que podem ainda ser aperfeiçoados no ambiente virtual. O projeto e a validação de uma tarefa robótica em um ambiente virtual imersivo reduzem custos e riscos associados à construção de cenários de teste reais. Em alguns casos, como o de UEPs, a criação desses cenários de testes é praticamente impossível.

Palavras-chave—realidade virtual; simulação robótica; plataformas offshore

1 Introdução

As recentes descobertas de reservatórios em águas ultra profundas (400 metros ou mais) têm proporcionado crescentes desafios para a indústria de Óleo & Gás, especialmente quando localizadas em locais remotos e hostis. A conquista dessas novas fronteiras exploratórias aumentou consideravelmente a complexidade da produção e os custos logísticos associados à extração de hidrocarbonetos. O aumento da segurança operacional é uma preocupação crescente, onde a busca de soluções que permitam a substituição do ser humano em tarefas perigosas tem sido cada vez mais importante. Em tais condições, a viabilidade econômica dessas novas descobertas depende da adoção de novas tecnologias voltadas para o aumento da segurança e da eficiência operacional, além da redu-

ção do contingente de pessoal embarcado (POB – people on board). A redução do POB é um aspecto importante especialmente no caso das reservas do Pré-Sal, onde as Unidades Estacionárias de Produção (UEPs) estão localizadas a centenas de quilômetros da costa, o que eleva consideravelmente os custos de logística com o transporte de pessoal e bens perecíveis. A nossa proposta é aumentar o grau de automação em unidades de produção, empregando novos conceitos de projeto considerando o uso de dispositivos robóticos em tais cenários. Neste artigo apresentamos um simulador de robótica, SimVR-Robotics (Virtual Reality Robotics Simulator), cujo objetivo é permitir o planejamento do processo de robotização de UEPs utilizando técnicas de realidade virtual.

O SimVR-Robotics foi concebido de acordo com os requisitos necessários para a robotização de tarefas que são realizadas durante a operação real de uma

UEP. Alguns exemplos de tarefas corriqueiras que podem ser automatizadas são: a coleta e transporte de fluidos para análise; limpeza de tanques; acionamento de válvulas manuais; planejamento e otimização do processo de troca de filtros do sistema de injeção de água; etc. Tarefas que apresentam risco operacional são também de alto interesse, como é o caso do lançamento e recebimento de PIGs (dispositivos usados para a limpeza de dutos, removendo hidratos e parafinas que se acumulam no seu interior) e o overdrive de válvulas automáticas em caso de emergência.

O SimVR-Robotics possui uma estrutura flexível que permite a criação de robôs e dispositivos virtuais em um cenário de operação virtual. Esta característica permite que o processo de robotização de uma instalação offshore possa ser planejado de forma interativa e gradual começando de um cenário inicial simplificado chegando-se a um cenário robótico viável de ser implantado em uma plataforma real. Para a criação de robôs virtuais, o SimVR-Robotics utiliza o ROS (Robot Operating System, Quigley 2009), um sistema operacional robótico open-source multiplataforma.

O ROS é um middleware para troca de mensagens entre diferentes dispositivos e processos que cooperam para realizar uma tarefa robótica. De forma análoga a um sistema operacional tradicional, o ROS fornece abstrações de hardware, controle dos dispositivos de baixo nível e um paradigma de troca de mensagens que permite a publicação dos diferentes componentes de um robô (juntas, elos, sensores, câmeras e etc.) como tópicos para os quais os processos da rede participantes de uma aplicação específica podem enviar e receber mensagens de forma transparente. Esses processos são representados como nós de processo do ROS e são identificados pelo seu endereço IP de modo que a integração de novos processos é facilmente implementada. No ROS os tópicos são estruturas de informação nomeadas que guardam mensagens, onde processos podem publicar e obter informação, seguindo o modelo de comunicação assíncrona chamado *publish and subscribe*. Os serviços são mecanismos de comunicação síncrona seguindo a *arquitetura cliente-servidor*. Neste modelo processos pedem a execução de alguma computação a algum servidor do ROS que as realiza e retorna o resultado. Adicionalmente o ROS fornece ferramentas e bibliotecas utilitárias que ajudam na construção de aplicações robóticas.

O SimVR-Robotics tem um motor gráfico integrado, VR-Engine, criado especialmente para permitir a visualização realista de modelos de cenários offshore em ambiente imersivos. Sua estrutura suporta a simulação simultânea de múltiplos robôs virtuais equipados com sensores e atuadores, como câmeras, sensores de posição a laser e manipuladores robóticos. O SimVR-Robotics possui ferramentas de visualização especializadas tais como o visualizador de trajetórias do efetuador e de quaisquer outras juntas do robô; visualização e animação de posições sucessivas do robô durante a execução de uma tarefa; medições de distâncias ponto-a-ponto e visualização de interferências das partes móveis do robô com objetos do cenário virtual.

Outro componente importante é o Editor gráfico de cenários, que permite ao usuário personalizar o cenário virtual adequadamente para a tarefa robótica a ser simulada/avaliada. O Editor permite a criação de cenários virtuais com qualidade gráfica superior usando técnicas especiais de iluminação e mapeamento de texturas. Também é possível atribuir aos objetos do cenário propriedades físicas tais como massa, atrito e etc. e informações para detecção de colisão nas partes estáticas da cena conferindo um alto grau de realismo. A partir desses recursos e das ferramentas de visualização citadas é possível planejar e otimizar a trajetória das juntas robóticas para uma determinada tarefa em estudo. Outra vantagem é a facilidade de prototipação e testes de novos algoritmos a serem avaliados no ambiente virtual sem a necessidade de paralisação de uma operação real, o que por vezes é impraticável.

O SimVR-Robotics oferece suporte a execução de Simuladores Robóticos, baseados no ROS, responsáveis por fazer o planejamento e execução de tarefas robóticas no cenário virtual criado pelo Editor. Para demonstrar a eficácia do SimVR-Robotics, foram desenvolvidas algumas aplicações. Inicialmente foram criados diferentes robôs virtuais, modelados a partir de robôs comerciais reais como Motoman DIA10, Puma 560, Seekur, Baxter e o ROV Triton XLS 150. Estes robôs virtuais foram usados para executar tarefas simples de Pick-and-Place de objetos num cenário virtual representando o topside de uma plataforma offshore real. Os resultados foram validados através da execução da mesma aplicação usando robôs reais em um ambiente real em laboratório.

Um outro exemplo, atualmente em desenvolvimento, é a simulação de uma operação de instalação submarina como a conexão de uma linha de riser à uma árvore de natal feita por um ROV (Remotely Operated Vehicle) em águas profundas. O objetivo da aplicação é a identificação e antecipação de possíveis problemas que podem ocorrer durante uma operação real, além de permitir ao operador planejar e treinar previamente a operação. É possível também a geração de vídeo detalhando o processo de instalação que pode auxiliar o operador durante uma operação real.

2 Trabalhos Relacionados

Diferentes frameworks de robótica e plataformas de simulação foram desenvolvidos tanto para fins de pesquisa quanto para aplicações industriais. No entanto, algumas funcionalidades importantes presentes no SimVR-Robotics estão ausentes na maioria dos frameworks e ferramentas pesquisados. Antes de iniciar o desenvolvimento, foi feita uma comparação com ferramentas disponíveis no mercado no início do projeto em 2011. Avaliou-se o Webots (Cyberbotics 1996); Microsoft Robotics Developer Studio (Microsoft Corp 2010); V-REP (Coppelia Robotics 2010); e outras ferramentas de aplicação industrial, como RobotStudio (ABB 2001) e ROS industrial (ROS-Industrial Consortium 2012™).

SimVR-Robotics (figura 2) permite a integração da visualização da cena virtual e a simulação das tarefas do robô virtual. As mensagens trocadas são similares às usadas para controlar um robô real.

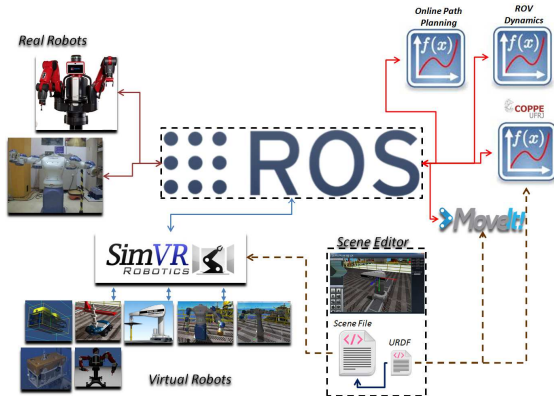


Figura 2. Integração do ROS com SimVR.

Módulos de Simulação Robótica

Atualmente o SimVR-Robotics possui dois módulos de simulação robótica implementados, relativos a duas aplicações diferentes. Uma para operações topside offshore e outra para engenharia submarina. No módulo de operações topside, a estratégia de simulação robótica depende do dispositivo virtual usado e da tarefa que deverá ser planejada. Na fase inicial foi implementada uma tarefa de pegar e posicionar (pick-and-place) em um cenário offshore típico. Na segunda aplicação, o módulo de simulador do ROV implementa as equações dinâmicas do movimento conforme descrito em Liu Hsu et.al.(Liu 2000) (Figura 3).

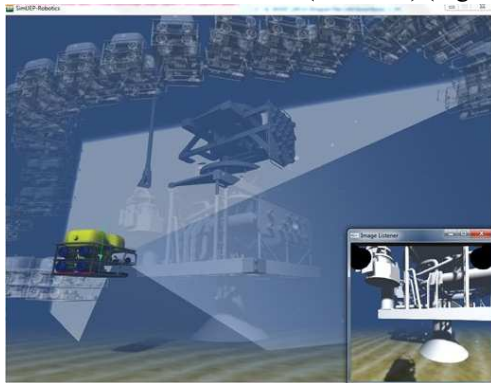


Figura 3. Visualização em RV da Trajetória de um ROV.

Os módulos de simulação robótica utilizam pacotes de código aberto mantidos pela comunidade do ROS. Para se definir informações a respeito do robô e seus sensores (laser, câmera, etc.), assim como a definição das juntas e links e da cinemática e dinâmica associadas, utilizamos o URDF (Unified Robot Description File). Outros sensores também podem ser incorporados usando a interface do Gazebo, (Gazebo Project) descrita adiante. No SimVR-Robotics estendemos a definição do URDF para associar ao robô virtual informações visuais (modelos gráficos dos elos, juntas, efetuadores, etc) para ser representado no VR-Engine. O simulador robótico utiliza o URDF para descobrir os tópicos e serviços necessários para se comunicar

com os robôs e seus sensores, para realizar tarefas como: conversão dos dados para diferentes sistemas de coordenadas (TF package), construção de mapas de oclusão 3D (OctoMap), processamento de imagens vindas dos sensores de câmera dos robôs, navegação de robôs móveis (navigation stack), etc.

Para o início da simulação de uma determinada tarefa o VR-Engine lê a descrição da cena robótica e os URDFs dos robôs utilizados, para então criar o cenário robótico virtual (figura 4, passos do 1 ao 3). O ROS-Bridge é responsável pela criação do nó raiz associado as informações do SimVR-Robotics no ROS (tópicos das estruturas dos robôs e alguns serviços utilitários, figura 4, passo 4), além dos tópicos associados aos sensores (câmera, laser, etc.) de cada robô virtual. Após a criação de toda a infraestrutura do ROS associada ao SimVR-Robotics, o ROS-Bridge entra em loop permanente lendo e atualizando os tópicos da aplicação e sincronizando os eventos no VR-Engine (figura 4, passo 5 e passo 2 de feedback).

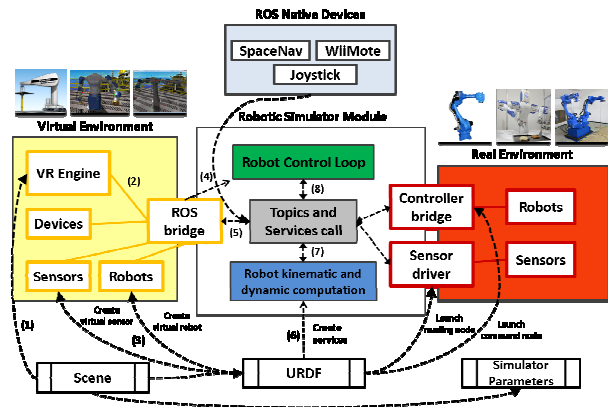


Figura 4. Diagrama representando a interação entre o Módulo de Robótica e SimVR ROS-Bridge.

Ao iniciar a sua execução, o módulo do simulador robótico lê o arquivo de definição da cena e os URDFs associados, inicia os serviços para cálculo da dinâmica e cinemática do robô e pode assim executar a simulação da tarefa robótica através de mensagens para os tópicos da aplicação (figura 4, passos do 6 e 7). Na figura 4 a ação do ROS é representada pelo módulo Robot Control Loop que fornece o sincronismo entre os nós do ROS distribuídos pelo cluster. Para finalizar é importante observar que o ROS permite uma abstração que independe da natureza do robô, tanto que o comportamento do robô no ambiente virtual (lado amarelo) é análogo no ambiente real (lado vermelho). Na próxima seção, descrevemos os principais recursos do ambiente virtual e as ferramentas RV disponíveis.

4 Ambiente Virtual

Durante a execução do SimVR-Robotics, o ambiente virtual é carregado a partir de um arquivo com a descrição do cenário. Este arquivo contém a descrição do cenário alvo, composto pelo observador, objetos do ambiente, luzes e robôs virtuais. O SimVR-Robotics usa a engine de jogos Unity3D (Technologies, Unity3D) como o componente gráfico principal. O

componente VR-Engine é resultado da adição ao Unity3D de técnicas de interação 3D, suporte a visualização imersiva estéreo em diversos sistemas de projeção e suporte a diferentes dispositivos de interação 3D. Este suporte é fornecido pela biblioteca LVRL (Lightweight Virtual Reality Library) que provê uma abstração poderosa para implementação de aplicações imersivas (Trindade et al, 2013).

Descrição da Cena 3D

A descrição da cena é um arquivo XML que descreve o cenário alvo. Ela possui uma estrutura hierárquica descrevendo todos os elementos presentes no cenário virtual. O primeiro elemento deste arquivo é o *display-Settings*, onde são definidas as propriedades da câmera virtual (ângulo de abertura, planos perto e longe, etc.) e configurações do sistema de projeção imersivo suportado, tais como: CAVEs, PowerWalls e etc. Configurações globais da engine de física, como frequência de atualização e vetor de gravidade são especificados no elemento *physicsSettings*. O usuário é definido pelo elemento *observer*, que define a posição, orientação, tamanho e velocidade do usuário na cena. Todas as luzes são definidas dentro do elemento *light*, e podem ser do tipo pontual (point), local (spot) ou direcional (directional). Atributos comuns das luzes são posição, orientação, cor, intensidade e tipo de sombra. Os objetos de cena são especificados pelo elemento *envObjects*. Para cada *envObject* os seguintes atributos são usados: posição, orientação, caixa envolvente, malha e propriedades físicas como a massa, matriz de inércia e informações do material como fricção, coeficiente elástico, etc.

Cada robô definido no arquivo de cena é definido por um arquivo URDF específico, a sua posição e um grupo de atuadores e sensores virtuais. Para cada atuador e sensor virtual é definido o nome do tópico que conterá as mensagens do ROS associadas. Os atuadores e sensores virtuais são criados pelo ROS-Bridge e o VR-Engine os utiliza para refletir o que acontece com o robô no cenário virtual para os tópicos do ROS.

Sistema Virtual Robótico

Foram criados seis diferentes robôs virtuais compatíveis com o ROS, o MotoMan DIA10; Motoman SDA10; Grant Crane; Seekur e um ROV genérico (figura 5). Qualquer robô pode ser instanciado em qualquer aplicação e posicionado (posição, atitude e escala) no mundo virtual no arquivo da cena.

Atuadores Virtuais

O VR-Engine possui atuadores virtuais cuja função é consultar permanentemente os tópicos do ROS para atualizar a posição das juntas dos robôs e atualizar as suas posições absolutas através do ROS-Bridge. Existem dois tipos de atuadores, o primeiro atualiza informações relativas da posição das juntas; e o segundo manipula informações de posição absoluta do robô.

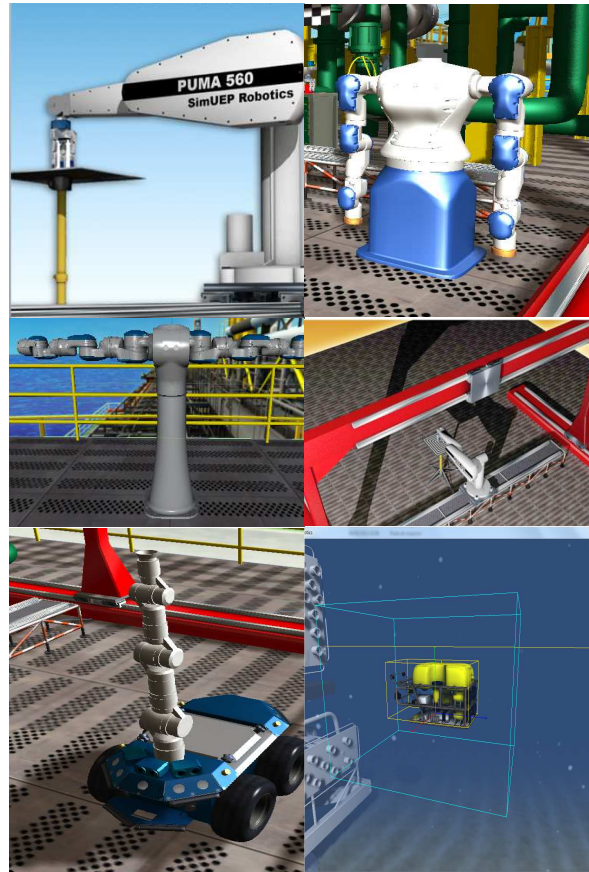


Figura 5. Robôs disponibilizados no SimVR-Robotics (Puma560, Motoman DIA10 e SDA10, Grant Crane, SeekUR and ROV).

Sensores Virtuais

Os sensores são utilizados por um robô para perceber o ambiente e, por meio deles, ser capaz de identificar obstáculos ou de capturar eventos que acontecem no ambiente ao seu redor. Cada robô pode ser composto de um ou mais tipos de sensores. No SimVR-Robotics, quatro diferentes tipos de sensores virtuais são fornecidos pelo VR-Engine: lasers, câmeras, sensores de proximidade e sensores de colisão.

```
<gazebo reference="linkCamera1">
  <sensor:camera name="linkCamera1">
    <imageSize>512 512</imageSize>
    <imageFormat>R8G8B8</imageFormat>
    <hfov>0.7853982</hfov>
    <nearClip>0.01</nearClip>
    <farClip>4.5</farClip>
    <updateRate>0.25</updateRate>
  </sensor:camera>
</gazebo>
```

Figura 6. Descrição de um sensor câmera no arquivo URDF.

O sensor de câmera é capaz de gerar imagens a partir da posição da câmera no ambiente virtual. Um robô pode ter vários sensores de câmera, que normalmente são posicionados ao longo de seus links. Cada sensor câmera é descrito no arquivo URDF seguindo o formato de descrição SDF (Simulation Description Format) do projeto Gazebo (Gazebo Project) e permite a definição de atributos como tamanho da imagem, abertura da lente, formato do pixel, entre outros (Figura 6). O sensor é responsável por repassar os dados obtidos da câmera virtual para o ROS-Bridge que assim atualiza o tópico correspondente no ROS.

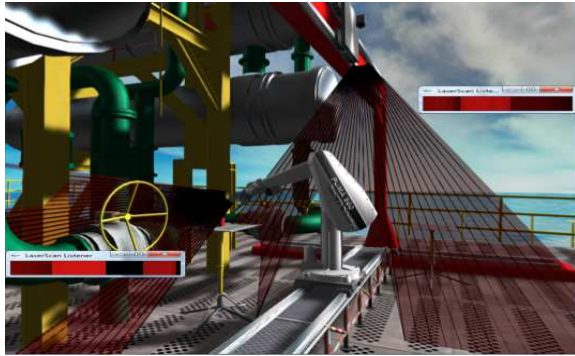


Figura 7. Visualização dos sensores laser.

Robôs também podem usar sensores de lasers que servem para reconhecer o ambiente através de uma varredura unidimensional. A Figura 7 mostra a representação visual, assim como as imagens que representam o vetor de distância capturada por cada um dos lasers.

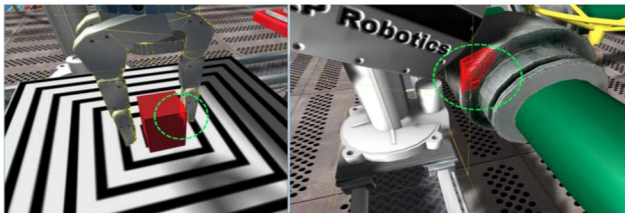


Figura 8. Sensor Colisão: Os pontos vermelhos são a representação visual dos pontos de contato com a bounding box do link.

Sensores de colisão são sensores que permitem que o robô identifique quando um objeto está perto de alguns dos seus links. Isso permite que o robô seja capaz de executar algoritmos para o planejamento de trajetórias evitando obstáculos. Este sensor é implementado usando caixas delimitadoras (bounding boxes) de tal forma que quando um objeto do mundo virtual penetra em uma dessas caixas, todos os pontos de interceptação são informados (Figura 8). O sensor virtual de colisão do VR-Engine informa para o ROS-Bridge que envia a mensagem padronizada do ROS *PointCloud2* para o tópico associado ao sensor de colisão. Os sensores de proximidade são semelhantes aos sensores de colisão, no entanto eles só informam o nome do link que está sendo aproximado por algum objeto. Basicamente, quando algo entra na *bounding box* deste sensor, uma mensagem é enviada pelo ROS-Bridge para ROS no tópico correspondente.



Figura 9. Visualização dos eixos das juntas.

Ferramentas de Visualização

A visualização *Caixas delimitadoras* e *Eixo das Juntas* (Figura 9) são utilizados para auxiliar o processo de análise dos resultados da simulação, bem como a validação de diferentes cenários *offshore* compostos por robôs, válvulas e outros equipamentos.

Outras duas funcionalidades importantes são: *Ghostview* e *3D Point Trajectory Visualization*, que permitem a visualização de todo o caminho do movimento do robô. No *Ghostview* o usuário observa representações sucessivas do robô ao longo da sua trajetória (Figura 10). Este recurso permite visualizar a trajetória do robô de diferentes pontos de vistas. A outra funcionalidade permite a visualização da trajetória de um ponto, por exemplo, o movimento de uma junta ao longo do espaço. Aqui torna-se muito importante o recurso de visualização estéreo em um ambiente imersivo, pois as diferentes trajetórias podem ser avaliadas em 3D e de diferentes pontos de vista do usuário.

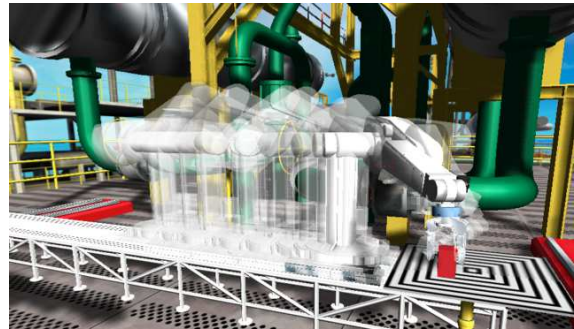


Figura 10. Visualização da trajetória usando a técnica Ghostview.

O SimVR-Robotics pode ser utilizado em ambientes do tipo desktop, bem como em ambientes imersivos, tais como CAVE, PowerWalls e outros sistemas de projeção. Pode-se navegar no ambiente por meio de controles específicos, como joysticks, wiimote além de movimentação da câmera através do uso de rastreadores 3D da posição da cabeça do usuário (Head Tracking) no mundo virtual.

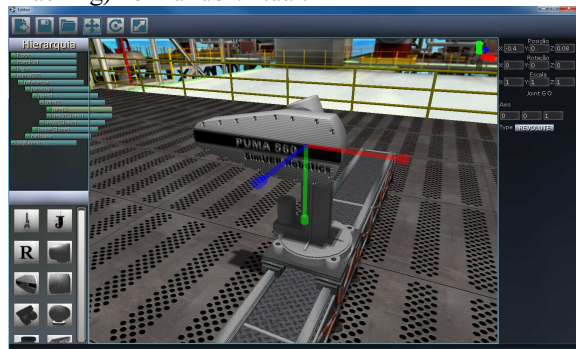


Figura 11. Editor de cenários e robôs do SimVR-Robotics.

5 Editor de Cenários

SimVR-Robotics possui um editor de cena para compor cenários virtuais (Figura 11). O Editor gráfico fornece acesso a uma biblioteca de objetos pré-compilados que permitem a composição de cenários *offshore*

e subsea mais complexos. Além disso, existe uma coleção de robôs virtuais e suas partes, tais como links, sensores e atuadores que podem ser usados para se instanciar ou mesmo a criar novos robôs a partir de seus elementos básicos. Uma interface de *drag and drop* permite a composição dos objetos no cenário virtual.

6 Uso de simuladores externos para estudos de manipuladores robóticos articulados

Devido à facilidade de aceitar a conexão de outros simuladores usando o ROS (Figura 2), foram realizados estudos de diferentes manipuladores robóticos articulados com o SimVR-Robotics. No papel do simulador externo foi utilizado o software MoveIt (MoveIt, 2014), que contém planejadores de movimento que permitem, mesmo aos usuários não especialistas em robótica, a composição de tarefas complexas a partir de tarefas mais simples.

Como primeiros passos na integração do MoveIt (MoveIt Project) ao SimVR-Robotics, dois casos de uso foram definidos: o primeiro utilizou um braço articulado presente em um robô do tipo ROV Triton XLS 150; e o segundo usou o robô Baxter (Baxter Project, Figura 12).

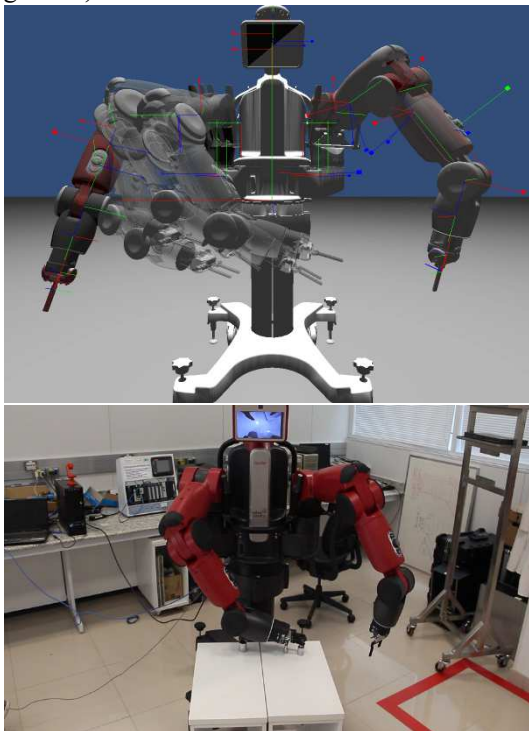


Figura 12. Análise de trajetória de movimentos em operações de manipulação de objetos com o robô Baxter.

O estudo consistiu em estudar o controle de movimentos com o uso de representações virtuais apresentadas no SimVR-Robotics assim como o teste de planejamento de trajetórias considerando obstáculos (instalações submarinas, por exemplo, árvore de natal molhada) representados por nuvens de pontos (Figura 13). As nuvens de pontos são tipos de dados que normalmente são obtidos a partir de sensores e são utilizadas como referência para a obtenção da geometria

do cenário em que o robô está inserido. Além das nuvens de pontos, a cognição do robô também utiliza imagens, sensores de proximidade, entre outros recursos para o desvio de obstáculos.

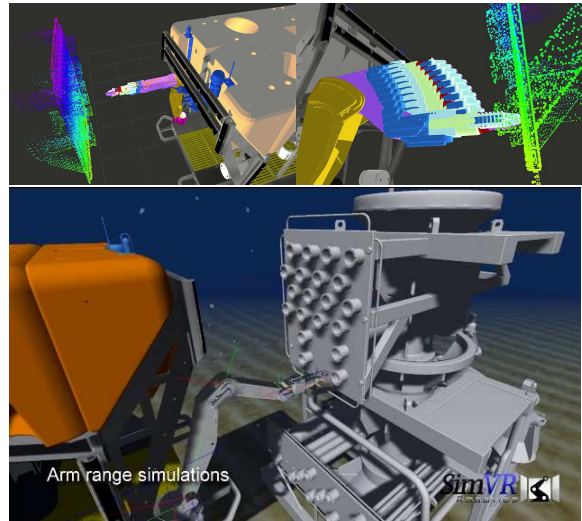


Figura 13. Visualização de alcance de junta com nuvens de pontos.

A relevância desses estudos é alta, pois permitirá que sejam criadas um conjunto de ferramentas utilizadas na tomada de decisão para a escolha do melhor modelo de ROV para realização de tarefas de manutenção em instalações submarinas. A seleção desta tarefa pode ser feita seguindo critérios distintos como menor consumo de energia, menor tempo gasto na operação ou outro critério definido pelo usuário.

Outro exemplo está no planejamento de operações de manutenção e instalações com ROVs. O problema acontece porque existem ROVs em que o alcance do braço robótico não consegue executar determinadas operações de manipulação de itens numa instalação submarina, e diversas vezes esta situação é percebida apenas quando a operação já está em andamento, o que ocasiona aumento de custos nas operações. Uma ferramenta de simulação virtual que ajude o usuário a definir qual o ROV mais adequado e qual a sequência de movimentos que devem ser feitos pelo operador para a realização da tarefa real é muito útil.

7 Conclusão

As novas fronteiras exploratórias têm se expandindo em direção a regiões de águas ultra profundas e cada vez mais distantes e hostis. O uso de robôs nestas situações é visto como uma possibilidade real para a redução de custos logísticos, além do aumento da segurança operacional nas operações offshore. O processo de robotização de UEPs se apresenta como uma grande oportunidade para a indústria robótica especialmente pela geração de novos desafios de pesquisa e desenvolvimento. Assim, uma grande quantidade de esforços e investimentos estão sendo direcionados para o desenvolvimento de robôs especializados para esses ambientes.

Simuladores com recursos de visualização imersiva são estratégias promissoras permitindo a criação de ambientes virtuais poderosos para testes e depuração visual. A capacidade de comparar diferentes simulações com o apoio de diferentes ferramentas de visualização pode ajudar na interpretação de tarefas virtualmente simuladas, permitindo o desenvolvimento de novos robôs e, eventualmente, a proposição de novas instalações mais apropriadas para a realização de tarefas propostas para robôs.

O trabalho apresentado é baseado nas estratégias de desenvolvimento mencionadas acima através da criação de um ambiente de desenvolvimento flexível para apoiar a modelagem e visualização de simulações virtuais de operações reais utilizando robôs em UEPs. O emprego do ROS fornece uma estrutura poderosa para criar e reutilizar diferentes algoritmos de robôs que podem ser testados e avaliados em robôs virtuais antes de serem testados em robôs reais.

O SimVR-Robotics pode ser visto como um depurador visual poderoso para análise, planejamento e otimização de operações e algoritmos robóticos apoiando o processo do desenvolvimento de soluções robóticas a serem usadas no processo de robotização das futuras Unidades Estacionárias de Produção da Petrobras.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à Petrobras pelo apoio neste projeto. Os autores também gostariam de agradecer o apoio prestado pelas organizações de fomento à pesquisa do CNPq e FAPERJ.

Referências Bibliográficas

- ABB RobotStudio, 2001. <http://new.abb.com/products/robotics/robotstudio>.
- Baxter Project, <http://www.rethinkrobotics.com>
- Bjerkeng, M., A. A. Transeth, K. Y. Pettersen, E. Kyrkjebø, and S. A. Fjerdigen. "Active Camera Control with obstacle avoidance for remote operations with industrial manipulators: Implementation and experimental results" *Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2011 IEEE/RSJ International Conf on. 2011. 247-254.
- Coppelia Robotics. "Virtual Robot Experimentation Platform", 2010 <http://www.coppeliarobotics.com>
- Cyberbotics. *Webots*, 96. <http://www.cyberbotics.com>
- Flacco, F., T. Kroger, A. De Luca, and O. Khatib. "A depth space approach to human-robot collision avoidance." *Robotics and Automation (ICRA)*, 2012 IEEE International Conf, 2012. 338-345.
- From, P.J. *Off-Shore Robotics - Robust and Optimal Solutions for Autonomous Operation*. PhD Thesis Norwegian University of Science Tech, 2010.
- Gazebo Project, Open Source Robotics Foundation (OSRF) <http://www.gazebosim.org>
- Hornung, A., Wurm, K. M., Bennewitz, M. Stachniss, C. & Burgard, W. "OctoMap: An Efficient Probabilistic 3D Mapping Framework Based on Octrees." *Autonomous Robots*, 2013.
- Johnsen, S. O., Ask, R. & Roisli, R. "Reducing Risk in Oil and Gas Production Operations." *IFIP International Federation for Information Processing (Springer NY)* 253 (2007): 83-95.
- Liu Hsu, Costa, R.R., Lizarralde, F. & Da Cunha, J.P.V.S. "Dynamic positioning of remotely operated underwater vehicles." *Robotics & Automation Magazine, IEEE*, Sep 2000: 21-31.
- Trindade, D.; Teixeira, L.; Loaiza, M.; Carvalho, F.; Raposo, A.; Santos, I. H. F. LVRL: Reducing the Gap between Immersive VR and Desktop Graphical Applications.. *Inter Journal of VR*, v. 12, n. 1, p. 3-14, Jan. 2013 (ISSN 1081-1451)
- Microsoft Corp. *Microsoft Robot Developer Studio (RDS)* 2010. <http://www.microsoft.com/robotics/>.
- Moghaddam, A. F. , Lange, M., Mirmotahari, O. & Hovin, M. "Novel Mobile Climbing Robot Agent for Offshore Platforms." *World Academy of Science, Eng and Technology*, n.68(2012): 29-35.
- Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B. P., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., Wheeler, R., and Ng, A. Y. "ROS: an open-source Robot Operating System." *ICRA Worksh on Open Source Software*. 2009.
- ROS-Industrial™ Consortium. *ROS-Industrial*. 2012. <http://www.rosindustrial.org/>.
- ROV XLS Triton. <http://www.harkandgroup.com/>
- Siciliano, B., L. Sciacivico, L. Villani, and G. Oriolo. *Robotics: Modeling, Planning and Control*. Springer-Verlag London Ltd., 2009.
- Technologies, Unity3D. s.d. <http://unity3d.com/>
- MoveIt Project, <http://moveit.ros.org/>, 2014