



Cours: LOG791, session Automne 2021

**SIMULATION DE CONTRÔLE DANS UN ENVIRONNEMENT VIRTUELLE DU ROBOT
MARKHOR
POUR LE CLUB CAPRA**

Travail remis à:
Alain April

Remis par:

Nicolas Beaudet - BEAN02129209

Date de remise: 19 décembre 2021

N. Beaudet, 2021

Table des matières

Table des matières	2
Glossaire	3
Présentation du Projet	3
Contexte et problématique	3
Objectifs du projet	3
Phase d'exploration de solution	3
Méthodologie et organisation du travail	4
Composition de l'équipe et rôles	4
Livrables	4
Présentation de la solution	5
Construction de l'arène	5
Collecte des données	5
Description de la solution choisie	5
Ajout du bras mécanisé Ovis sur le châssis de Markhor	6
Collecte des données	6
Description de la solution choisie	6
Amélioration et suite du projet	8
Amélioration suggérées	8
Utilisation de Unity	8
Utilisation d'Ignition	9
Bibliographie	9
Annexe	10
Questions concernant les qualités de l'ingénieur	10
Évaluez l'étape de formulation du problème	10
Comment avez-vous réussi à bien décrire le problème, à le résoudre en tenant compte des besoins et contraintes identifiés dans votre projet?	10
Évaluez l'étape de formulation de solution.	10
Comment avez-vous réussi à décrire des solutions possibles et choisir celle qui a été préférée pour votre projet?	10
Évaluez les communications	10
Comment avez-vous communiqué avec le client/utilisateur et les membres de l'équipe durant ce projet.	10
Évaluez votre approche de gestion des enjeux environnementaux.	11
Expliquez comment vous avez tenu compte de la réduction de votre empreinte écologique durant le projet	11
Évaluer votre capacité d'effectuer une recherche judicieuse de solution	11
Évaluer votre capacité d'effectuer une recherche judicieuse de solution et de la nécessité de compréhension de nouveaux concepts pour proposer des solutions pour ce projet.	11

Glossaire

Présentation du Projet

Contexte et problématique

Afin de tester les différents contrôles du robot Markhor dans un environnement sécuritaire, une simulation a été développée par les membres de Capra. Cette simulation n'inclut pas l'entièreté des fonctionnalités nécessaires pour reproduire fidèlement le comportement du robot. L'interaction avec le lidar et les caméras 3D n'ont pas encore été implémentées. Une instance séparée de simulation pour le bras mécanisé existe et doit être ajoutée à celle du robot. De plus, la technologie utilisée actuellement (Gazebo) présente des problèmes d'utilisation. Elle pourrait bénéficier d'une association avec la plateforme Unity afin de compléter les outils de développement de la simulation. Enfin, l'absence d'environnement avec lequel le robot peut interagir à l'intérieur de la simulation empêche de tester les capacités et limites du robot. Des arènes virtuelles présentant des défis variés s'apparentant à ceux que l'on retrouve habituellement en compétition sont nécessaires pour y parvenir.

Objectifs du projet

Ce projet permettra d'améliorer l'environnement de développement de la simulation du robot de Capra. Les technologies de Unity et Ignition Robotics seront explorées afin de faciliter le futur développement de la simulation. Les fonctionnalités critiquées telles que l'interaction avec les caméras 3D, le lidar et le bras mécanisé y seront ajoutés. Des arènes virtuelles pour permettre au robot d'interagir avec un environnement de compétition seront élaborées pour chacune des fonctionnalités ajoutées. Grâce à ces nouvelles capacités, il sera possible pour les opérateurs du robot d'entraîner leur compétence de conduite sans prendre le risque d'abîmer ce dernier et sans avoir créé un environnement de test réel.

Phase d'exploration de solution

tutoriels de gazebo

À titre d'introduction à la technologie de Gazebo, une collection de tutoriels a été accomplie selon l'ordre suivant :

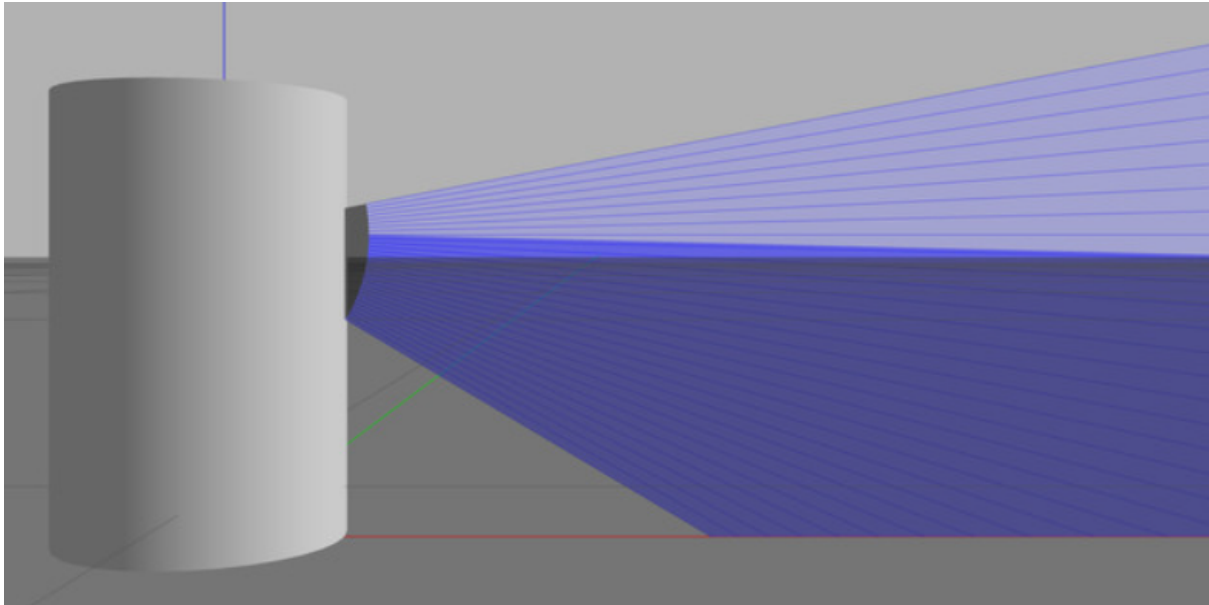
Débutant

- Overview and Installation
- Understanding the GUI
- Model Editor

Intermédiaire

- Construct a Velodyne LiDAR
- Model appearance
- Sensor Noise
- Upload Velodyne model

Ayant pour but de simuler un LIDAR de modèle hdl-32e de Velodyne, ces exercices regroupent les notions nécessaires pour participer à l'amélioration de du projet. De difficulté intermédiaire, ces guides nous présentent les méthodes de création d'un environnement 3D (fichier .world) avec l'ajout de modèle (fichier .urdf et .sdf) auquel on applique des forces et des directions, simulant un mouvement.



documentation sous linux

Méthodologie et organisation du travail

Composition de l'équipe et rôles

Nom	Rôle	Responsabilité
Nicolas Beudet	Programmeur	Développement de la simulation
Ludovic Vanasse	Consultant	Aucune

Bien que Ludovic Vanasse n'ait aucune responsabilité à proprement parler, il agit comme soutien et source d'information concernant le fonctionnement du robot Markhor. Il fera aussi partie de la suite de ce projet lors du PFE d'hiver 2022. Sa contribution mérite une mention ici.

Livrables

URDF de Markhor	Fichier de description du robot pour les simulateurs avec les différents capteurs
-----------------	---

Démo de simulation des caméra et lidar	Une vidéo de la simulation avec caméra et lidar
Environnement virtuel de compétition	Fichier de description des environnement simulés
Démo de simulation du bras mécanique	Une vidéo de la simulation avec le bras mécanisé
Environnement virtuel de compétition avancé	Fichier de description des environnement simulés incluant l'utilisation du bras mécanisé
Démo de simulation dans un environnement de simulation différent	Une vidéo de la simulation utilisant une technologie différente et/ou complémentaire à la technologie de Gazebo

Présentation de la solution

Afin d'améliorer la simulation, une arène sera construite et les bras mechanic OVIS seront ajoutés au châssis du robot Markhor.

Construction de l'arène

Collecte des données

Afin de bâtir une arène qui est représentative du type de défi que doivent généralement subir les robots en cas de sinistre, deux documents ont été utilisés comme gabarit:

Le RoboCup Rescue Rulebook 2019 :

https://rrl.robocup.org/wp-content/uploads/2019/06/rrl_rulebook_2019_v2.4.pdf

German Open 2011 arena :

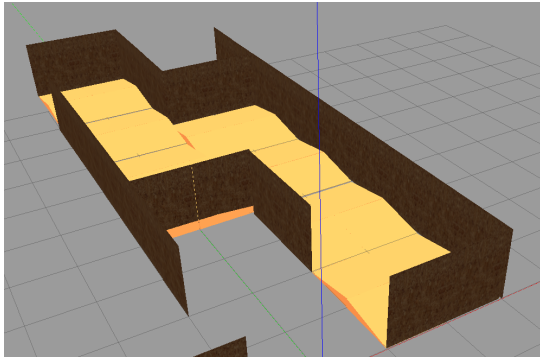
https://athome.robocup.org/wp-content/uploads/2018/10/2011_rulebook.pdf

Ces documents comportent des plans, mesures, graphiques et explication des obstacles présents lors des compétitions.

Description de la solution choisie

Les défis sont compartimentés en bloc servant à tester un degré de maniabilité spécifique.

Un bloc composé de rampes alternantes de 15 degrés a été ajouté. Le robot doit effectuer un slalome à travers l'obstacle afin de tester la maniabilité du robot tout en gardant à l'esprit la largeur de son châssis.



Les rampes ont simplement été colorées en brun/jaune afin d'imiter grossièrement l'apparence du bois. L'absence d'aspérité et de texture altérerait la perception de la profondeur plus ardue, ce qui impacte l'interaction du pilote avec l'environnement du robot.

Pour pallier ce problème, une texture peut être appliquée sur un modèle. Les barricades de l'obstacle ont reçu une texture de contreplaqué, en plus d'avoir des attributs de réflectivités.

Il est aussi possible d'ajouter un coefficient de friction sur la surface des obstacles. Les obstacles peuvent alors interagir de façon appropriée en fonction des matériaux qui les composent.



Ajout du bras mécanisé Ovis sur le châssis de Markhor

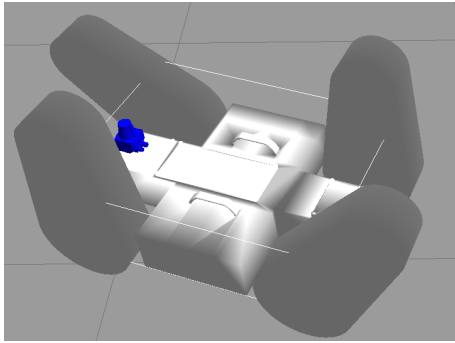
Collecte des données

Comme le modèle de markhor est bien détaillé, les fichiers .URDF ont été décomposés afin de réduire leur lourdeur. Pour y parvenir, l'utilisation de fonctions xacro est prévalente. Ces fonctions importent le contenu d'autre fichier URDF à l'aide de références externes. Un tutoriel additionnel expliquant le fonctionnement de ces fonctions a été accompli avant de modifier la structure de l'URDF de markhor.

<http://wiki.ros.org/urdf/Tutorials/Using%20Xacro%20to%20Clean%20Up%20a%20URDF%20File>

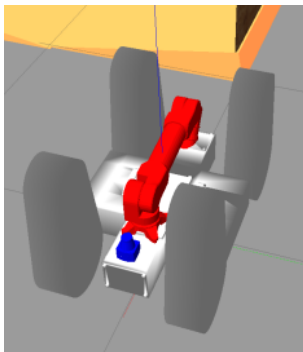
Description de la solution choisie

Le fichier xacro principal du bras mécanique faisant référence à trois modules externes, il a fallu incorporer ces dépendances directement dans le fichier de description de markhor.

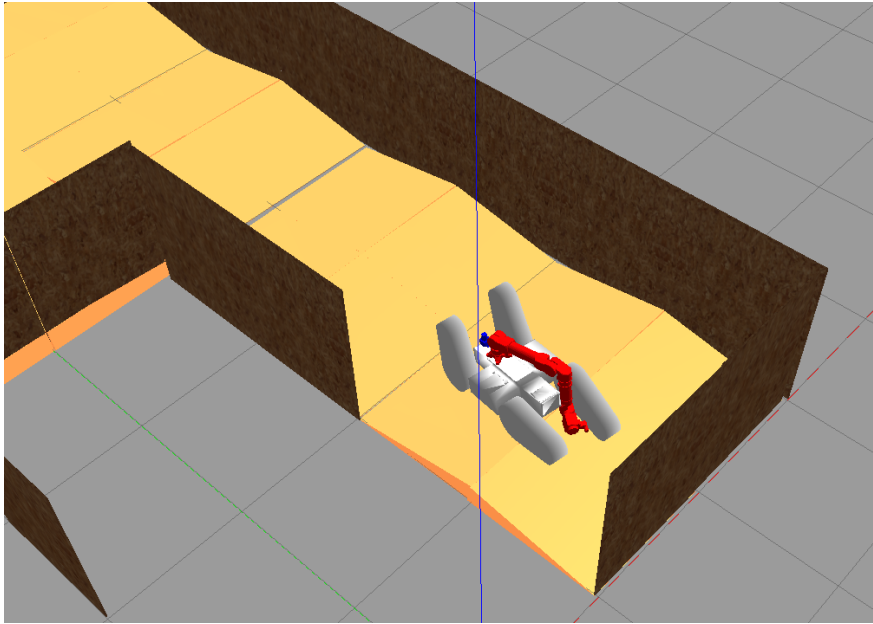


Un point d'ancrage a été spécifié sur le châssis du robot et servait de jointure entre Ovis et Markhor

```
<xacro:virtual_anchor anchor_name="arm_root" parent="base_link" origin_xyz="0.17394875 0 0.12291060" origin_rpy="0 0 0" />
<xacro:ovis base_parent="arm_root" />
```



Puisque la simulation d'ovis utilise la version ROS Kinetic (2016) et que celle de markhor utilise ROS Melodic (2018), certains problèmes de compatibilité sont survenus. Il est impossible d'installer plus d'une version de ROS sur le même système d'exploitation. Il a donc fallu trier les fonctionnalités récupérables du projet d'Ovis avant de les inclure dans la simulation de markhor. De ce fait, bien que le modèle du bras soit maintenant visible sur le châssis, son contrôle et ses propriétés physiques ont été perdus. Lorsque le robot se déplace, le bras traîne à l'arrière.



Amélioration et suite du projet

Amélioration suggérées

Utilisation de Unity



Afin d'avoir une vue d'ensemble plus représentative des technologies alternatives à celles offertes sur le système d'exploitation Linux, celles disponibles sur Windows ont également été sondées. Unity, principalement utilisé pour le développement de jeux vidéo, est un logiciel gratuit et compatible avec le format de données URDF, SDF et le moteur ROS. Il incorpore son propre moteur de physique et offre une variété de bibliothèques qui peuvent potentiellement servir à compléter les fonctionnalités additionnelles de Gazebo. Dû à sa popularité, il est important de considérer que les futurs étudiants qui poursuivront le projet auront généralement une plus grande familiarité avec son utilisation. De plus, il est régulièrement mis à jour et l'accès à sa documentation et à l'aide en ligne est plus accessible. Compatible avec OpenVR et la réalité virtuelle, il offre une avenue supplémentaire pour les contrôles du robot.

Unity n'offre par contre pas le système de gestion de la fraction de Gazebo. Il n'inclut pas non plus les senseurs avec leur simulation de bruit que l'on retrouve nativement sur le pavillon. Pour pallier cette situation, il faudra soit fouiller son système de librairie (qui sera peut-être payant) ou programmer nous-mêmes l'interaction physique équivalente.

Utilisation d'Ignition



Pour rester fidèles au principe de l'utilisation de logiciel libre de droit, d'autres outils ont été explorés sur Linux. Ignition a été créé à partir d'une branche de développement de Gazebo en 2017. Son existence s'explique par un désir des utilisateurs de Gazebo d'avoir un outil plus modulaire et s'éloignant des dépendances grandissantes nécessaires à son fonctionnement.

Gratuit lui aussi, Ignition a accès à une grande bibliothèque de fonctionnalités qui peuvent être ajoutées en cas de besoin. Les performances de la simulation d'ignition sont aussi ajustables pour permettre d'accommoder les composantes informatiques moins puissantes. Il permet aussi l'enregistrement et la relecture d'une simulation, ce qui est pratique pour analyser les comportements inattendus ou intéressants.

Windows 10 supporte Ignition, mais certaines de ses fonctionnalités sont manquantes ; les utilitaires en ligne de commande d'Ignition sont non supportés ainsi que le moteur physique DART et le GUI QT. Il faut aussi considérer le travail additionnel qui vient avec la gestion des bibliothèques additionnelles.

Bibliographie

NIST Organisers, (Juin, 2019), RoboCup Rescue Rulebook
https://rrl.robocup.org/wp-content/uploads/2019/06/rrl_rulebook_2019_v2.4.pdf (Consulté pendant l'hiver 2021)

Bagheri, Danial, (Juin,), Université de Hambourg, ROS AND UNITY
A COMPREHENSIVE INTRODUCTION
<https://icave2.cse.buffalo.edu/resources/sensor-modeling/ROS%20and%20Unity.pdf>
(Consulté pendant l'hiver 2021)

Whitney, D., Rosen, E., Phillips, E., Konidaris, G., Tellex, S., Brown University, Comparing Robot Grasping Teleoperation across Desktop and Virtual Reality with ROS Reality
http://cs.brown.edu/people/gdk/pubs/vr_teleop.pdf (Consulté pendant l'hiver 2021)

Annexe

Questions concernant les qualités de l'ingénieur

Évaluez l'étape de formulation du problème

Comment avez-vous réussi à bien décrire le problème, à le résoudre en tenant compte des besoins et contraintes identifiés dans votre projet?

La première étape suivie pour formuler le problème a été d'étudier la situation actuelle du projet; ce qui avait été accompli, ce qui restait à faire et quels étaient les problèmes actuels de la simulation. Ainsi, les recherches nécessaires pour continuer le développement de celle-ci étaient clairement ciblées. Le découplage des tâches était fait en accord avec les recherches consécutives qui était fait sur la technologie utilisée.

Évaluez l'étape de formulation de solution.

Comment avez-vous réussi à décrire des solutions possibles et choisir celle qui a été préférée pour votre projet?

La solution la plus appropriée a été de ne pas déroger au standard déjà établi par l'équipe de programmation de Capra. Changez de technologie entièrement ou modifiez les façons de faire aurait ajouté une couche de complexité non nécessaire à l'accomplissement du projet et auraient ralenti les futurs développements de la simulation.

Évaluez les communications

Comment avez-vous communiqué avec le client/utilisateur et les membres de l'équipe durant ce projet.

Comme le projet a été accompli par une équipe d'une personne, la communication entre les membres était relativement unilatérale et atteignait régulièrement un consensus unanime. Peu de désaccords sont survenus au cours du développement et ils étaient généralement rapidement réglés. Le précédent capitaine Logiciel, Ludovic Vanasse, a agi en tant que client et personne-ressource. Les suggestions et commentaires sur la marche à suivre étaient faits avec sa collaboration.

Évaluez votre approche de gestion des enjeux environnementaux.

Expliquez comment vous avez tenu compte de la réduction de votre empreinte écologique durant le projet

Le but premier du développement de la simulation est d'éviter d'avoir à créer un environnement réel de test pour le robot et d'éviter de prendre le risque de l'abîmer lors de pratique de pilotage. Les ressources nécessaires à la création d'une arène équivalente dans la vraie vie ne sera donc pas nécessaire.

Évaluer votre capacité d'effectuer une recherche judicieuse de solution

Évaluer votre capacité d'effectuer une recherche judicieuse de solution et de la nécessité de compréhension de nouveaux concepts pour proposer des solutions pour ce projet.

L'évaluation de la solution ainsi que de concept de solution s'est faite avec la participation des étudiants participant au projet de fin d'études de l'hiver 2022. Portant sur l'amélioration des contrôles et l'utilisation de la réalité virtuelle, les sources d'informations et l'exploration des technologies alternatives ont été guidées par les suggestions et les connaissances préalables de tous les membres de l'équipe.