

Modeling and evolution of 3D underwater environments: generation and simulation of phenomenological scenarios

Master 2 internship

Context

The goal of this work is to propose original methods for procedural under water ecosystems that will be fed to a simulator that will serve as a methodological tool to virtually validate the behaviour of underwater robots performing autonomous missions in complex environments. The generation process needs to be parameterizable (change of topology, adjustment of turbidity, luminosity, currents...) to allow the intuitive generation of fault scenarios (appearance of static or dynamic obstacles at given times), to simulate them and to test the robot's responses to ensure its safe navigation. The idea of the project is to directly integrate the expertise of end-users into the development methodology. We will use the expertise of biologists to define rules to procedurally create environments and objects consistent with marine environments, with realistic behaviours and movements. And we need the expertise of roboticists to define the parameters of the virtual environment which are relevant for the validation of the robotic system.

Topic

Procedural terrain generation has been studied for 40 years [GGP19], emphasizing realism, user control, and efficiency [GMS09]. Initially using fractal noise for speed [MKM89], methods now integrate real DEM through learning [KGG20, BSS07] and deep learning via sketches [GDG17, TB18]. Recent algorithms include tectonic processes and subsurface geology [PNL21, CPEGEG19], focusing mostly on alpine landscapes. Research on other biomes, such as underwater environments, is limited due to accessibility, visibility, and complexity challenges.

In ecosystems, elements impact their surroundings. Simulating physical properties like shading, heat, and humidity demands significant computational power. Simplifying these properties as scalar fields and considering local terrain effects can reduce computation [GPEG16, GDGP16], providing scalable and realistic scene details. Similarly, representing wind flow as local vector fields [WH91] avoids complex simulations while allowing user control. We extend this by incorporating a time-evolution system for dynamic scenes.

The goal of this interdisciplinary master project is to enable the generation and simulation of the evolution of 3D underwater environments. This work builds upon environmental objects emerging from a co-advised PhD thesis (joint research between RSM, ICAR and Konstance through the supervision of Marc Hartley). Using expert knowledge, we will generate seabeds to simulate various marine formation scenarios and events intuitively (e.g., sea warming, coral mortality) without relying on computationally intensive physics-based simulations. By integrating biological rules and ensuring geological plausibility, our approach will support interactive and realistic simulations to understand underwater landscape dynamics.

This internship work will be co-supervised in an interdisciplinary manner by a roboticist (K. Godary-Déjean) from the RSM team and by computer scientists (N. Faraj) from the ICAR team at LIRMM and (O. Deussen) from Konstance University.

Additional information

Supervisors: Noura Faraj (noura.faraj@umontpellier.fr), Université de Montpellier, LIRMM, ICAR et Karen Godary-Dejean (karen.godary-dejean@umontpellier.fr), Université de Montpellier, LIRMM, RSM

Collaborator: Oliver Deussen, Université de Constance, Institut Max Planck de Comportement Animal

Research Lab: LIRMM in Montpellier, ICAR and RSM teams.

Duration: 01/27/2024 – 07/25/2024.

Background: Master 1 in computer science or applied mathematics, strong programming skills (C++).

Modélisation et évolution des environnements sous-marins en 3D : génération et simulation de scénarios phénoménologiques

Stage de Master 2

Contexte

L'objectif de ce travail est de proposer des méthodes originales pour la génération procédurale d'écosystèmes sous-marins, qui seront intégrés à un simulateur servant d'outil méthodologique pour valider virtuellement le comportement de robots sous-marins accomplissant des missions autonomes dans des environnements complexes. Le processus de génération doit être paramétrable (modification de la topologie, ajustement de la turbidité, luminosité, courants...) afin de permettre la génération intuitive de scénarios de défaillance (apparition d'obstacles statiques ou dynamiques à des moments donnés), de les simuler et de tester les réponses du robot pour garantir sa navigation en toute sécurité. L'idée du projet est d'intégrer directement dans la méthodologie de développement les expertises des end-users. Nous utiliserons l'expertise des biologistes pour définir des règles permettant de créer procéduralement des environnements et des objets cohérents avec les environnements marins, avec des comportements et mouvements réalistes. Et nous avons besoin de l'expertise des roboticiens pour définir les paramètres de l'environnement virtuel qui sont pertinents pour la validation du système robotique.

Sujet

La génération procédurale de terrains a été étudiée pendant 40 ans [GGP19], mettant l'accent sur le réalisme, le contrôle par l'utilisateur et l'efficacité [GMS09]. Initialement, le bruit fractal était utilisé pour la rapidité [MKM89], mais les méthodes intègrent désormais des MNT (modèles numériques de terrain) réels via l'apprentissage [KGG20, BSS07] et l'apprentissage profond par esquisses [GDG17, TB18]. Les algorithmes récents intègrent les processus tectoniques et la géologie souterraine [PNL21, CPEGEG19], se concentrant principalement sur les paysages alpins. Cependant, les recherches sur d'autres biomes, comme les environnements sous-marins, sont limitées en raison des défis liés à l'accessibilité, à la visibilité et à la complexité.

Dans les écosystèmes, les éléments influencent leur environnement. Simuler les propriétés physiques telles que l'ombrage, la chaleur et l'humidité nécessite une puissance de calcul importante. Simplifier ces propriétés en tant que champs scalaires et tenir compte des effets locaux

du terrain peut réduire le calcul [GPEG16, GDGP16], tout en fournissant des détails réalistes et évolutifs sur la scène. De même, la représentation du flux du vent sous forme de champs vectoriels locaux [WH91] permet d'éviter des simulations complexes tout en laissant à l'utilisateur un certain contrôle. Nous étendons cela en incorporant un système d'évolution temporelle pour des scènes dynamiques.

L'objectif de ce stage de master interdisciplinaire est de permettre la génération et la simulation de l'évolution des environnements sous-marins en 3D. En s'appuyant sur des objets environnementaux (travail conjoint entre partenaires) et sur des connaissances d'experts, nous générerons des fonds marins pour simuler de manière intuitive divers scénarios et événements de formation marine (par exemple, réchauffement des mers, mortalité des coraux), sans recourir à des simulations physiquement intensives. En intégrant des règles biologiques et en assurant la plausibilité géologique, notre approche favorisera des simulations interactives et réalistes pour mieux comprendre la dynamique des paysages sous-marins.

Ces travaux de stage seront co-encadrés de façon interdisciplinaire par une roboticienne (K. Godary-Déjean) de l'équipe RSM et par des informaticiens (N. Faraj) de l'équipe ICAR du LIRMM et (O. Deussen) de Constance. Nous ferons appel à l'expertise d'un biologiste de Univ de la Réunion (T. Claverie).

Détails pratiques

Encadrantes : Noura Faraj (noura.faraj@umontpellier.fr), Université de Montpellier, LIRMM, ICAR et Karen Godary-Dejean (karen.godary-dejean@umontpellier.fr), Université de Montpellier, LIRMM, RSM

Collaborateur : Oliver Deussen, Université de Constance, Institut Max Planck de Comportement Animal

Laboratoire d'accueil : LIRMM à Montpellier, équipes ICAR et RSM

Durée : 27/01/2024 – 25/07/2023.

Prérequis : Master 1 informatique ou mathématiques, solides connaissances en programmation (C++).

Références bibliographiques

[BS92] BOSSCHER H., SCHLAGER W.: Computer simulation of reef growth. *Sedimentology* 39 (1992).

[GDGP16] GUÉRIN E., DIGNE J., GALIN E., PEYTAVIE A.: Sparse representation of terrains for procedural modeling. *Computer Graphics Forum* 35, 2 (2016).

[GGP19] GALIN E., GUÉRIN E., PEYTAVIE A., CORDONNIER G., CANI M.-P., BENES B., GAIN J.: A review of digital terrain modeling. *Computer Graphics Forum* 38 (5 2019).

[GMS09] GAIN J., MARAIS P., STRASSER W.: Terrain sketching. *Proceedings of I3D 2009: The 2009 ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games* 1.

[GPEG*16] GROSBELLET F., PEYTAVIE A., ÉRIC GUÉRIN, ÉRIC GALIN, MÉRILLOU S., BENES B.: Environmental objects for authoring procedural scenes. Computer Graphics Forum 35 (2 2016).

[GDG*17] GUÉRIN E., DIGNE J., GALIN E., PEYTAVIE A., WOLF C., BENES B., MARTINEZ B.: Interactive example-based terrain authoring with conditional generative adversarial networks. ACM Transactions on Graphics 36, 6 (2017).

[KGGdf20] KAPP K., GAIN J., GUÉRIN E., GALIN E., PEYTAVIE A.: Data-driven authoring of large-scale ecosystems. ACM Transactions on Graphics 2020.

[PEGEG19] CORTIAL Y., PEYTAVIE A., ÉRIC GALIN, ÉRIC GUÉRIN: Procedural tectonic planets. Eurographics Computer Graphics Forum 38 (2019).

[PNL21] PATEL D., NATALI M., LIDAL E. M., PARULEK J., BRAZIL E. V., VIOLA I.: Modeling terrains and subsurface geology. Interactive Data Processing and 3D Visualization of the Solid Earth (2021).

[TB18] TALGORN F. X., BELHADJ F.: Real-time sketch-based terrain generation. ACM International Conference Proceeding Series (2018).