



HAL
open science

Interface Homme-Robot multimodale pour la plongée virtuelle

Mouna Essabbah, Samir Otmane

► **To cite this version:**

Mouna Essabbah, Samir Otmane. Interface Homme-Robot multimodale pour la plongée virtuelle. Workshop Interaction Homme-Machine (IHM 2012), Jun 2012, Sousse, Tunisie. (elec. proc). hal-00761898

HAL Id: hal-00761898

<https://hal.science/hal-00761898>

Submitted on 21 Feb 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Interface Homme-Robot multimodale pour la plongée virtuelle

Mouna ESSABBAH et Samir OTMANE

*Université d'Evry Val d'Essonne
Laboratoire IBISC EA 4526, France*

mouna.essabbah@ibisc.univ-evry.fr
samir.otmane@ibisc.univ-evry.fr

Résumé : Le principal objectif de ce travail est de concevoir et développer de nouvelles méthodes de plongée virtuelle et ce à travers la téléopération d'un robot sous-marin, le ROV (Remote Operated Vehicle) placé sur un site donné. L'Interface Homme-Robot (IHR) que nous proposons est basée sur la réalité mixte (RM) et apporte à l'utilisateur une exploration multisensorielle du site sous-marin.

Abstract: This paper presents the emerging work about virtual diving thanks to the teleoperation of a remote operated vehicle (ROV) placed in a given site. The Human-Robot Interface (HRI) that we propose is based on mixed reality (MR) and gives to the user a multisensory exploration of the underwater site.

Mots clés : Téléopération, ROV, sous-marin, réalité mixte, assistance à l'interaction 3D.

Key words: Teleoperation, ROV, Underwater, Mixed Reality, Assistance to 3D interaction.

INTRODUCTION

Ce travail émerge s'inscrit dans le cadre du projet européen Digital Ocean¹ (FP7 2011-2012) qui vise à permettre à n'importe qui, depuis n'importe où et à tout moment, un accès aux profondeurs océaniques via une connexion Internet. Son objectif global est de développer des méthodes de plongée sous-marine virtuelle grâce à la téléopération d'un ROV (Remote Operated Vehicle) placé dans un site de plongée donné. Le ROV est équipé de caméras vidéo, de lumières et d'autres instruments (boussole, profondimètre). Le ROV sous-marin est téléopéré afin de suivre une trajectoire de plongée prédéterminée.

En général, la téléopération se compose de systèmes robotiques commandés à distance. Ces systèmes de télérobotique sont traditionnellement mis en œuvre en utilisant des canaux de communication dédiés. Toutefois, sur Internet la télérobotique permet une délocalisation facile et low-cost, afin de commander un robot placé sur un site esclave (généralement à distance). Des travaux ont également été réalisés sur la télérobotique pour l'exploration sous-marine [BRU 04], [DUD 07] et [ROS 07]. Cependant, les problèmes principaux de ces systèmes

sont les délais, la bande passante et la qualité du signal vidéo. Les technologies de la Réalité Virtuelle (RV) et Augmentée (RA) peuvent être utilisées pour prévenir ces problèmes. Dans [OTM 00] et [ROS 07], les auteurs ont utilisé la RA pour limiter l'effet du délai dans une application industrielle de télérobotique. De même, la RV a été utilisée dans [SAN 02], [HAM 08] et [CHE 11] montrant que des cartes 3D peuvent être plus efficaces dans une tâche de localisation, même si cela prend plus de temps à réaliser. En outre, afin de pallier aux erreurs possibles des capteurs du robot, [LIN 01] a introduit le concept de domaine de sécurité du ROV. En télérobotique sous-marine, la vidéo a généralement une plus mauvaise qualité que les applications de télérobotique classiques. Dans notre travail, nous allons utiliser la RM dans les trois cas suivants :

- 1) Prévenir les problèmes de téléopération (panne, délais de transmission, etc.) ;
- 2) Recaler le site de plongée virtuel au réel ;
- 3) Enrichir l'exploration en ajoutant du contenu multimédia relatif à la faune et la flore ou encore à la plongée.

Premièrement, basée sur l'architecture matérielle choisie, nous devons concevoir l'architecture logicielle pour le système de téléopération. Notre deuxième objectif porte sur la conception et le développement

¹ <http://www.digitalocean.eu>

d'une interface Homme-Robot multimodale comprenant un système d'interaction 3D (I3D) pour la commande du ROV ainsi qu'un module d'assistance à la téléopération.

1. Architecture du système

1.1. Architecture matérielle

La solution proposée (voir la figure 1) est basée sur une méthodologie de contrôle maître-esclave. Le site principal est une plate-forme semi-immersive à échelle humaine composée d'un grand écran et un projecteur qui offre une stéréoscopie active. Nous utilisons pour cela des lunettes stéréoscopiques et leur émetteur correspondant. L'interaction est assurée par un dispositif de retour de force à 6 degrés de liberté nommé SPIDAR (SPace Interface Device for Artificial Reality) [SAT 02]. Le système de commande est assuré par un flystick tenu à la main qui comprend un ensemble de marqueurs pour le suivi en temps réel en utilisant deux caméras infrarouges. L'ordinateur qui contrôle la plate-forme de RV semi-immersive est connecté à Internet. L'application de téléopération du robot va obtenir des données capteurs et envoyer des commandes au ROV en utilisant le protocole Modbus² et une application de streaming vidéo afin de diffuser la vidéo du ROV (diffusion Internet).

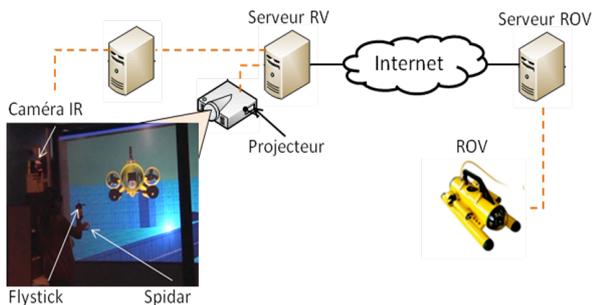


Figure 1. Solution matérielle pour la téléopération immersive du ROV

1.2. Architecture logicielle

La procédure que nous proposons est organisée comme suit (voir figure 2) : l'utilisateur utilise une interface de RM, lorsqu'il envoie une commande au robot, elle est testée en fonction des contraintes de l'application (décrites dans la section 3.3). Si le test est réussi, la commande est appliquée au ROV, sinon, un module de localisation du ROV est lancé. A partir de cette localisation, une correction de la commande est réalisée et une nouvelle commande est envoyée au ROV. Dans le même temps, un module d'assistance utilisant des méthodes de RV est employé pour communiquer les données capteurs ainsi que des guides virtuels pour l'interaction 3D. Chacun de ces modules est détaillé dans les sections suivantes.

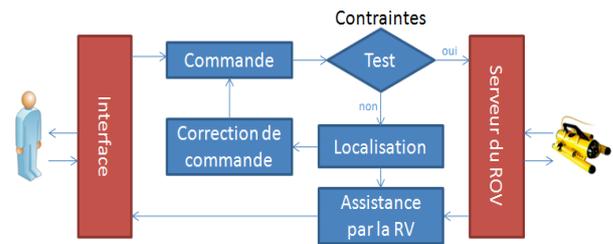


Figure 2. Diagramme architectural du système de téléopération du ROV

2. Interface Homme-Robot

Afin de commander efficacement un robot distant, l'interface homme-robot doit fournir des outils pour percevoir l'environnement à distance, de prendre des décisions, et de générer des commandes. En outre, nous essayons de maximiser le transfert des informations tout en minimisant la charge de travail cognitive et sensori-motrice. Nous avons utilisé une interface multimodale qui comprend une vision stéréoscopique et un retour haptique afin d'obtenir une interaction homme-robot plus intuitive. En fait, notre interface vise à réduire la formation et à surmonter le manque de connaissance des systèmes de RV. Elle devrait permettre d'améliorer le sentiment de présence et la perception des utilisateurs qui font une exploration virtuelle des fonds marins, tout en offrant deux types de plongée :

- 1) Une plongée simulée dans un environnement virtuel sans réel contrôle du ROV. Elle permet aux utilisateurs d'apprendre et de tester une trajectoire de plongée avant la véritable exploration (par l'intermédiaire du ROV);
- 2) Une plongée dans un environnement de RM via la téléopération du ROV.

2.1. Système d'interaction 3D

L'environnement virtuel est composé du site de plongée des fonds marins simulés. La tâche de navigation dans la scène virtuelle représente la téléopération du ROV. Ainsi nous avons créé un ROV virtuel (voir la figure 3) pour simuler les mouvements du ROV réel. La navigation à l'aide du ROV virtuel se fait selon le marqueur placé sur l'effecteur du SPIDAR, qui reproduit les mouvements de position de l'utilisateur. En manipulant le ROV virtuel, l'opérateur contrôle le ROV réel. Le système de contrôle permet de gérer les fonctionnalités du robot (commutation de caméra, allumer la lumière) ou de montrer des instructions d'utilisation. La modalité visuelle est utilisée pour afficher ces principales informations :

- 1) Le flux vidéo acquis en direct par la caméra du ROV;
- 2) L'environnement virtuel en 3D interactif, représentant le site exploré;
- 3) Une carte vue de dessus en 2D du site exploré.

² <http://www.modbus.org>

Des informations complémentaires (données provenant de capteurs) sont également affichées. Le retour de force permet de simuler les collisions et d'accroître le sentiment de la navigation dans l'eau (viscosité, courant marin, etc.) Les informations sonores peuvent compléter les données fournies par l'interface virtuelle de plongée afin d'informer le plongeur d'événements tels que le son des propulseurs (indiquant la présence de problèmes ainsi que la vitesse du ROV).

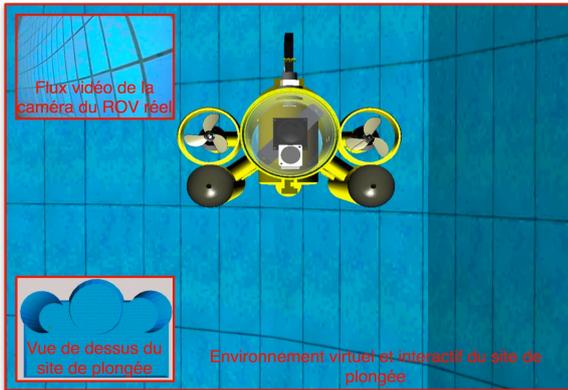


Figure 3. Interface de téléopération du ROV

2.2. Localisation du robot

Nous avons besoin de localiser le ROV à moindre coût, en utilisant uniquement les capteurs du robot, sans ajouter une technologie coûteuse et complexe comme un sonar. C'est pourquoi nous avons choisi une méthode basée-vision (reconnaissance de formes) en utilisant les caméras du robot et un ensemble de marqueurs 2D placés à des endroits spécifiques dans le site de plongée. Les marqueurs sont utilisés comme points de passage sur la trajectoire de plongée. Grâce à la librairie ArtoolkitPlus, ces marqueurs sont reconnus par la caméra du ROV, tout en explorant la voie sous-marine.

L'utilisateur peut choisir de contrôler le ROV principalement par la vidéo (vue du ROV réel) ou par l'environnement virtuel (vue du ROV virtuel). Dans les deux cas, la position réelle de l'engin télécommandé est calculée, puis en fonction de la position du ROV virtuel, elle est automatiquement corrigée.

2.3. Assistance à la téléopération

La multimodalité est également utilisée dans l'assistance à l'interaction 3D. En effet, au vu des différents problèmes liés aux facteurs humain, environnemental et de téléopération, nous avons observé certaines contraintes techniques (perte de la manœuvrabilité du ROV, le délai/arrêt de la transmission, etc.) affectant l'utilisation de l'application (précision de la navigation, sécurité du robot et conscience spatiale pour le plongeur). Par conséquent, nous avons appliqué un modèle d'assistance COT (Contrainte-Outil-Tache) [ESS 09] qui comprend un ensemble de guides virtuels dans le but de faire respecter les contraintes de l'application.

Ces guides peuvent combiner des rendus multimodaux (audio, vidéo et haptique) afin d'apporter une assistance à différents degrés : depuis la simple information de la présence d'une contrainte (annonce textuelle d'une interruption de transmission vidéo), à l'empêchement du dépassement d'une contrainte (correction de trajectoire par attraction haptique).

Pour donner un exemple de guide virtuel, l'opérateur doit choisir une voie de plongée (parmi celles possibles sur ce site) qu'il/elle doit alors suivre. Dans ce cas, afin d'être aussi précis que possible, nous affichons une courbe 3D représentant cette trajectoire ainsi qu'une flèche dirigée vers la voie à suivre. Pour cela, nous nous basons sur la localisation du ROV (décrite dans la section 3.2).

3. Conclusion

Dans cet article, nous proposons un système de plongée virtuelle à travers la téléopération d'un ROV. Les spécifications de cette téléopération basée sur le réseau Internet permettent de contrôler à distance le ROV via diverses interfaces Homme-Robot (smartphone, appareil mobile, ordinateur de bureau, etc.). Notre IHR est basée sur la multimodalité, fournie par une plate-forme semi-immersive, afin de simuler la sensation de plongée. Les méthodes utilisées permettent une interaction intuitive basée sur les déplacements des utilisateurs dans l'espace, augmentant leur sentiment de présence. De plus, une localisation basée vision du ROV nous permet de maintenir une cohérence entre l'environnement virtuel simulé et l'environnement de plongée réel. Par ailleurs, afin de maintenir une précision et une sécurisation de la téléopération, nous avons mis en place un module d'assistance composé d'un ensemble de guides virtuels. Ce module exploite également la multimodalité afin d'aider au mieux l'utilisateur dans sa tâche de commande à distance d'un robot sous-marin.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet Digital Ocean du 7^{ème} programme-cadre européen de recherche et de développement technologique (FP7). Nous remercions la Commission Européenne qui le finance.

REFERENCES

- [BRU 04] Bruzzone G., Bono R., Caccia M., Coletta P., and Veruggio G., "Internet-based teleoperation of the roomeo rov in the arctic region". *6th IFAC Conference*, 2004.
- [CHE 11] Chellali R. and Baizid K., "What maps and what displays for remote situation awareness and rov localization?", *Human Interface, Part II, HCI 2011, LNCS 6772, page 364372*.
- [DUD 07] Dudek G., Sattar J., and Xu A., "A visual language for robot control and programming: A human-

interface study”. *The IEEE Conference on Robotics and Automation, April 2007*.

- [ESS 09] Essabbah, M, Otmane, S, Hérisson, J, & Mallem, M., “A New Approach to Design an Interactive System for Molecular Analysis”. *Human-Computer Interaction, Part IV, HCI 2009, LNCS 5613, 713–722*.
- [HAM 08] Hamzah M. S. M., Zakaria M., Abd Jalil M. F. I., and Zamli K. Z., “3D virtual simulation software for underwater application”. *In 2nd International Conference Underwater System Technology, 2008*.
- [LIN 01] Lin Qingping and Kuo Chengi., “On applying virtual reality to underwater robot tele-operation and pilot training”. *The International Journal of Virtual Reality, 5(1), 2001*.
- [OTM 00] Otmane S., Mallem M., Kheddar A., and Chavand F., “Ariti: an augmented reality interface for teleoperation on the Internet”. *In Advanced Simulation Technologies Conf. (ASTC2000), pages 254-261*.
- [ROS 07] Roston J., Bradley C., Cooperstock JR., “Underwater window: high definition video on VENUS and NEPTUNE”. *In IEEE OCEANS 2007, p. 1-8*.
- [SAN 02] Santamaria Juan C., Opendenbosch Augusto, XYZ Solutions, Inc. “Monitoring Underwater Operations with Virtual Environments”. *In Offshore Technology Conference, 2002*.
- [SAT 02] Sato M., “Development of string-based force display: SPIDAR”. *In Proc. The Eighth International Conference on Virtual Systems and Multi Media VSMM, 1034–1039, 2002*.