Vers une méthode générique pour l'évaluation des mouvements dans les EVAH

Djadja Jean Delest Djadja, 2ième année

LIUM - EA 4023, Le Mans Université, 72085 Le Mans, Cedex 9, France
djddja@univ-lemans.fr

Résumé : Cet article traite de l'évaluation de l'activité des utilisateurs basée sur leurs mouvements dans les Environnements Virtuels (EV) pour l'Apprentissage Humain (EVAH). Dans le contexte de l'apprentissage de gestes manuels, le processus considéré dans cet article repose sur l'observation et l'imitation de la tâche démontrée par un enseignant. La tâche de l'apprenant est comparée à celle de l'enseignant en termes : (a) de forme des mouvements et des artefacts manipulés et (b) de l'ordre séquentiel des points de contrôle 3D par lesquels l'objet manipulé ou le corps de l'apprenant doit passer. L'intégration du système d'évaluation dans tout EVAH existant pose des défis, notamment en ce qui concerne l'Interaction Homme-Machine (IHM) pour mettre en place le processus d'évaluation. Un test d'utilisabilité lié à la conception de ce processus d'évaluation est effectué à travers une simulation de billard, de lancer de fléchettes et d'écriture de lettre.

Mots clés : EVAH · Analyse du Mouvement · Réalité Virtuelle · DTW

1 Introduction

La Réalité Virtuelle (RV) a été utilisée pour créer des Environnements Virtuels (EV) pour l'Apprentissage Humain (EVAH) dans de nombreux domaines, notamment dans l'éducation [3]. Depuis les traces générées de l'activité gestuelle, jusqu'aux conseils donnés grâce à des éléments multimodaux pertinents (*e.g.* visuel), une chaîne de traitement complète peut être mise en place pour évaluer l'activité de l'utilisateur dans les EVAH. Il existe plusieurs types d'EVAH évaluant les mouvements des apprenants que nous proposons de regrouper en 4 catégories. La première catégorie est celle des EVAH **basés sur des procédures** qui évaluent l'apprenant en vérifiant si des séquences d'actions sont réalisées, chaque action étant composée d'un ou plusieurs gestes [7]. Cependant, leur analyse est principalement fondée sur les états discrets des objets manipulés et non sur les gestes effectués. Les EVAH **basés sur l'observation et l'imitation** du geste sert à évaluer si le geste réalisé est proche du geste observé. Cependant, la visualisation simultanée d'un geste de l'apprenant et de l'enseignant à des fins de comparaison est confrontée au défi de la synchronisation spatiale et temporelle de ces deux mouvements [6]. Les EVAH **basés sur la forme**, une extension des EVAH fondés sur l'observation et l'imitation, évaluent

les similitudes temporelles et surtout spatiales au travers de la forme de la trajectoire du mouvement grâce à des techniques fondée sur l'algorithme *"Dynamic Time Warping"* (DTW) [4]. Cette approche est souvent utilisée afin d'évaluer les performances et les progrès de l'apprenant dans le sport. Le DTW permet de comparer la forme des trajectoires des mouvements générés par l'enseignant à celle d'un apprenant, sans que les différences temporelles (*e.g.* la durée ou la fréquence du signal) entre leurs démonstrations n'aient d'impact sur la comparaison. Le DTW produit deux résultats, dont un score *i.e.* plus le score est faible, plus les signaux sont similaires. L'apprentissage efficace, mais perfectible ainsi que l'usage intuitif que procurent les systèmes s'appuyant sur les formes encouragent leur utilisation selon nous. Les EVAH **basés sur les caractéristiques clés** ont pour objectif de : (i) comparer les valeurs des descripteurs (*i.e.* la vitesse de l'épaule) communes avec celles de référence et (ii) donner des conseils en fonction de ces valeurs. Cependant, chaque besoin d'observation doit être traduit en un ou plusieurs descripteurs calculables [5].

La plupart des systèmes d'évaluation existants dépendent des tâches et domaines pour lesquels ils ont été conçus. Par ailleurs, ces systèmes ne permettent pas de prendre en compte les mouvements de tous les artefacts virtuels (parties du corps et/ou objets de la scène) pour l'évaluation. Nous déduisons de ces observations les questions de recherche suivante : dans le contexte des EVAH, comment construire un modèle d'évaluation générique basé sur le mouvement, applicable à un large éventail de tâches ? Comment construire une IHM adaptée permettant à l'enseignant de créer intuitivement son propre processus d'évaluation et les feedbacks associés ? Comment rendre opérationnel un tel modèle ainsi que l'IHM associée dans tout EVAH existant ?

Cet article propose un nouveau système d'évaluation fondé sur le mouvement et un test d'utilisabilité indépendant de l'EVAH associé. En effet, le système proposé a pour objectif de s'intégrer à un EVAH existant pour offrir à l'enseignant des outils intuitifs permettant de mettre en place un processus d'évaluation en : (i) choisissant des artefacts virtuels dont les mouvements seront analysés (ii), définissant les étapes de la tâche grâce à un ensemble de CheckPoints (CPs) ordonnés et (iii) enregistrant une démonstration de la tâche à apprendre par l'expert, qui sera imitée par l'apprenant. Une comparaison automatique fondée sur la forme et les caractéristiques clés est ensuite réalisée entre les mouvements de l'enseignant et de l'apprenant. La section suivante présente ce modèle d'évaluation du mouvement basé sur la notion d'objets d'intérêt, ainsi que l'IHM associée.

2 Méthode de définition des Objets d'Intérêts (OIs)

Dans nos travaux actuels, nous avons proposé une méthode pour évaluer l'activité de l'apprenant dans les EVs [1]. Cette méthode suit une approche qui s'appuie sur l'observation, l'imitation et l'analyse de la forme du geste, car ces aspects permettent à tout enseignant de construire un processus d'évaluation en faisant une démonstration de la tâche à apprendre. Considérons un problème

Figure 1. Manipulation d'un verre

simple de manipulation d'un verre contenant une balle. L'enseignant souhaite observer comment l'apprenant manipule ce verre, notamment, en observant les variations spatiales et temporelles des mouvements du verre (fig. 1). La tâche consiste à verser la balle se trouvant dans le verre à l'intérieur d'un récipient, puis déposer le verre sur une zone de dépôt. La méthode proposée permet d'extraire le mouvement d'un Objet d'Intérêt (OI), dans notre cas, le verre, à partir de *CheckPoints* (CPs). Les CPs sont des formes géométriques 3D simples (*i.e.* des rectangles 3D ou des sphères 3D) qui peuvent être placées, tournées et dimensionnées dans l'espace 3D. L'OI doit entrer en collision avec les CPs pour une double raison : (1) décomposer la tâche en plusieurs étapes si nécessaire (par exemple, étape 1 : prendre le verre avec la balle à l'intérieur, étape 2 : mettre la balle dans le conteneur à l'aide du verre, étape 3 : mettre le verre, retourné sur sur la zone de dépôt) et (2), extraire automatiquement le Mouvement de l'OI (MOI) comme un ensemble de positions et d'orientations dans le temps. On distingue alors trois types de CP : le CP de départ (SCP) servant à démarrer l'enregistrement des mouvements de l'OI, les CP intermédiaires (ICP) et le CP de fin (ECP). L'enseignant réalise une démonstration, celle-ci est sauvegardée, puis visualisée et reproduite par l'apprenant. Un ensemble de métriques sont fournies à l'apprenant, par exemple, la vitesse et la saccade (*jerk*) du mouvement, ainsi que le score du DTW (résultant de la comparaison de la démonstration de l'enseignant avec celle de l'apprenant), qui doit être en dessous d'un seuil. Si ce n'est pas le cas, alors l'apprenant recommence la démonstration. Ce seuil est calculé de façon automatique grâce aux démonstrations de l'enseignant. Une IHM adaptée a été conçue pour : (a) choisir l'OI (b), créer et configurer les CPs et (c), effectuer, jouer et enregistrer la démonstration. L'OI est choisi grâce à un processus habituel mélangeant un rayon virtuel pour la sélection et un bouton du contrôleur pour la validation, ce qui entraîne un changement de couleur de l'objet sélectionné. L'interface a été conçue dans le contexte des EVs "à l'échelle 1", où l'utilisateur est immergé dans un casque de RV avec deux manettes. La figure 2 (image 3, 4 et 5) présente l'interface virtuelle de l'enseignant sous la forme d'un menu en 2D regroupant les fonctionnalités liées au : (1) contrôle de l'application (c'est-à-dire les modes "choix de l'OI", "création des CPs" et "démonstration") et un ensemble de fonctionnalités utiles pour faire la démonstration (c'est-à-dire réinitialiser la scène virtuelle, jouer/mettre en pause/ralentir la démonstration en cours, etc.). Ce menu est attaché en position et en rotation à la main droite de l'utilisateur, tandis que la combinaison d'un rayon virtuel et d'un bouton de la main gauche est utilisée pour interagir avec les boutons du menu. On peut noter que la taille

du CP peut être réglée grâce à cette interface 2D (fig. 2 (image 4)) selon les trois axes du repère cartésien. En outre, en fonction de l'interface de capture de mouvement dont l'enseignant dispose, une liste de tous les membres (parties) du corps pouvant être des OIs est proposée au travers d'un menu.

Figure 2. Menu de l'interface 2D pour l'enseignant

Ainsi l'enseignant peut définir un membre du corps de l'utilisateur comme OI s'il souhaite l'observer grâce à ce menu. La section suivante présente, du point de vue de l'enseignant, une étude de l'utilisabilité de la méthode mise en œuvre avec des tâches simples.

3 Étude de l'utilisabilité du module d'évaluation

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'outil permettant à un enseignant de réaliser une démonstration dans un EV puis de définir les trajectoires de certains objets.

Figure 3. (gauche) simulation de fléchettes, (droite) simulation de billard

Dix-huit personnes, âgées de 20 à 30 ans, de différents domaines (*e.g.* doctorant en informatique ou biologie) ont participé à cette expérience. Chaque participant a reçu une explication orale de tous les concepts utilisés dans la section 2. Trois vidéos présentant un utilisateur travaillant comme enseignant sur trois tâches (une tâche de manipulation d'un verre, une tâche de navigation et un lancer de balle) ont été montrées aux participants [1]. Ensuite, ils ont été informés qu'ils joueront le rôle d'un enseignant sur 3 tâches différentes de celles observées pour l'entraînement : une

simulation de lancer de fléchettes, de billard et d'écriture d'une lettre. Après l'expérience, les participants ont rempli un questionnaire [1] anonymisé concernant leurs perceptions sur l'utilisabilité du système ainsi que le concept proposé pour la construction de l'évaluation. Dans la simulation du lancer de fléchette (fig. 3, gauche), 17 participants ont choisi la fléchette comme OI et un autre la main gauche. La façon dont les CPs ont été placés varie d'un participant à l'autre. La moitié des participants n'ont pas réussi à atteindre la cible pendant la phase de démonstration. Dans la simulation de billard (fig. 3, droite), 16 participants ont choisi une boule comme OI. Un participant a choisi la queue du billard et un autre a choisi la main droite comme OI. Tous les participants ont réussi à réaliser une démonstration. Dans la simulation d'écriture de lettre, aucun participant n'a réussi à mettre en place un processus d'évaluation due à la difficulté d'avoir de très petits CPs. Le questionnaire [1] est composé de 7 questions basées sur une échelle de Likert de 1 à 5 adaptée de la méthode décrite par [2]. Chaque réponse propose une appréciation de la méthode d'évaluation ou de l'IHM avec des adjectifs qualificatifs. 14 participants ont estimé qu'ils ont effectué leur démonstration lentement (question 1). La difficulté rencontrée pour le contrôle du système (question 2), l'utilisation générale du système (question 3) et l'appréciation de l'interface utilisateur (question 4 & 5 pour la présentation de l'information) étaient au moins satisfaisantes pour 14 utilisateurs. 14 participants étaient satisfaits de leur démonstration pour la simulation de billard (question 6) et 9 participants étaient satisfaits des démonstrations faites sur le lancer de fléchettes (question 7). L'expérience a montré plusieurs résultats intéressants justifiant la pertinence de la méthode d'évaluation proposée. En résumé, la diversité du choix de l'OI et de la configuration du CP, combinée à la satisfaction de la majorité des participants, tend à montrer la pertinence de la méthode proposée pour ses moyens d'adaptation à différents objectifs d'apprentissage. Cependant, nous avons constaté certaines lacunes à combler comme la non-adaptation de l'IHM pour configurer avec précision de petits CPs.

4 Conclusion et perspectives

Dans cet article, un module d'évaluation qui s'appuie sur le mouvement a été présenté pour l'évaluation de l'activité des utilisateurs dans les EVAH. Une expérience a été menée pour évaluer l'utilisabilité du module d'évaluation du point de vue de l'enseignant. L'expérience avait pour but, pour les participants de construire un processus d'évaluation, c'est-à-dire de choisir un OI dont les mouvements seront analysés puis de placer une séquence ordonnée de CPs, afin de représenter la tâche en sous-actions. Bien que l'expérience réalisée a montré des résultats encourageants, plusieurs limitations apparaissent. Les travaux futurs se concentreront sur trois points majeurs. Nous souhaitons dans un premier temps, proposer une nouvelle IHM adaptée permettant la création de différentes tailles de CP, en considérant toute sortes de tailles. Deuxièmement, un

1. https://docs.google.com/forms/d/1KFfjDL8vTFRiKFy0aYlxY0yn0yKQaVU0f4MTEonZdJM/edit?usp=sharing

système automatique de choix des OIs, de création et de placement des CPs sera conçu et développé. Le processus envisagé est le suivant. À partir des données enregistrées, lors de la première démonstration de l'enseignant, une série d'objets susceptibles d'être des OIs seront présentés à ce dernier. L'enseignant pourra choisir l'OI qu'il souhaite observer. À partir de ce choix et des éléments de décomposition de la tâche fournie par l'enseignant, nous souhaitons générer de façon automatique les CPs nécessaires à l'enregistrement du Mouvement de l'OI (MOI). Une fois les CPs générés et configurés, l'enseignant pourra les redimensionner et/ou les déplacer comme il le souhaite si nécessaire. En outre, une expérimentation sera conduite avec des professeurs de biologie en situation réelle d'enseignement afin de : (i) valider les résultats préliminaires obtenus dans la précédente expérimentation et (ii), de mesurer les apports de ce nouvel outil par rapport au fonctionnement du module actuel. Par ailleurs, nous avons pour objectif d'améliorer le module d'évaluation en permettant aux enseignants d'observer plusieurs OIs en parallèle. En effet, notre but est de permettre aux enseignants d'évaluer les apprenants en prenant en compte leurs besoins d'observation. Nous espérons ainsi améliorer les moyens d'observations des enseignants à travers ce système d'évaluation. Une expérimentation sera conduite avec des formateurs en peinture afin d'évaluer les apports du système proposé.

Références

[1] DJADJA, J.D., Hamon., L., George., S. : Design of a motion-based evaluation process in any unity 3d simulation for human learning. In : Proceedings of VISIGRAPP - Volume 1 : GRAPP. pp. 137–148. SciTePress (2020)

[2] Lewis, J.R. : Ibm computer usability satisfaction questionnaires : Psychometric evaluation and instructions for use. International Journal of Human–Computer Interaction pp. 57–78 (1995)

[3] Mikropoulos, T.A., Natsis, A. : Educational virtual environments : A ten-year review of empirical research (1999–2009). Computers & Education pp. 769–780 (2011)

[4] Morel, M., Kulpa, R., Sorel, A., Achard, C., Dubuisson, S. : Automatic and generic evaluation of spatial and temporal errors in sport motions. In : 11th International Conference on Computer Vision Theory and Applications. pp. 542–551 (2016)

[5] Senecal, S., Nijdam, N.A., Thalmann, N.M. : Motion analysis and classification of salsa dance using music-related motion features. In : Proceedings of the 11th Annual International Conference on Motion, Interaction, and Games. pp. 1–10 (2018)

[6] Sie, M.S., Cheng, Y.C., Chiang, C.C. : Key motion spotting in continuous motion sequences using motion sensing devices. 2014 IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing pp. 326–331 (2014)

[7] Toussaint, B.M., Luengo, V., Jambon, F., Tonetti, J. : From heterogeneous multisource traces to perceptual-gestural sequences : the petra treatment approach. In : Artificial Intelligence in Education. pp. 480–491 (2015)