
Interaction Hybride Tactile/Tangible pour la Sélection 3D

Mickael Sereno

Univ. Paris Saclay
Orsay, France
mickael-francisco.sereno@u-psud.fr

Mehdi Ammi

Limsi/CNRS
Orsay, France
mehdi.ammi@u-psud.fr

Tobias Isenberg

Inria Saclay
Gif Sur Yvette, France
tobias.isenberg@inria.fr

Lonni Besançon

Univ. Paris Saclay
Orsay, France
lonni.besancon@gmail.com

ABSTRACT

We present the design of a 6-DOF tangible controller for 3D spatial data selection. Such selection is a fundamental task in scientific visualization : it is performed prior to many other interactions. Many datasets are defined in 3D space, yet selection is often performed based on 2D input. While 2D-input-based selection may be efficient for datasets with explicit shapes, it is less efficient for data without such objects or structures. We then address this issue by combining 2D tactile with 3D tangible input to perform 3D selection in volumetric datasets.

KEYWORDS

3D Interaction, Tactile, Tangible, 3D Selection, Hybrid Interaction

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Human computer interaction (HCI)**;

RÉSUMÉ

Nous présentons le design et l'implémentation d'une technique offrant 6 degrés de liberté pour la sélection spatiale de données en 3D. Cette sélection est une tâche primordiale pour la visualisation scientifique car elle est effectuée en amont d'autres tâches d'analyse et d'interaction. Une grande majorité des jeux de données est définie en 3D tandis que la sélection de sous-ensembles est, la plupart du temps, basée sur une saisie 2D. La sélection basée sur une saisie 2D est efficace pour des cas où les sous-ensembles à sélectionner ont des formes explicites, mais l'est beaucoup moins lorsque la donnée ne présente pas ces artefacts. Nous proposons donc de nous intéresser à ce problème en combinant une saisie tactile 2D et une saisie tangible 3D afin de permettre la sélection de sous-ensemble 3D dans les jeux de données volumétriques.

MOTS CLÉS

Interaction 3D, Tactile, Tangible, Interaction Hybride, Sélection 3D

INTRODUCTION

Une grande majorité des systèmes de visualisation repose sur l'analyse exploratoire de jeux de données [4], permettant ainsi aux experts d'un domaine particulier de comprendre des jeux de données qui leur étaient jusqu'alors inconnus et de découvrir certaines régions d'intérêt (RI). Un aspect essentiel de l'analyse exploratoire consiste à sélectionner ces régions d'intérêt spécifiques [6], afin qu'elles soient par la suite examinées plus en détail afin d'en comprendre les formes, les structures et les propriétés. Bien qu'il soit très simple de sélectionner des régions 2D avec une souris (par exemple), les jeux de données 3D nécessitent de définir un volume 3D pour la sélection d'un sous-ensemble de données intéressant. Une grande partie des techniques présentes dans la littérature se base sur le picking ou sur le ray-casting [1]. Ces techniques sont très efficaces pour la sélection de formes/régions prédéfinies. Cependant, beaucoup de jeux de données volumétriques ne présentent en fait pas ce type de régions prédéfinies. C'est par exemple le cas pour les scanners en médecine, ou les données de nuages de particules. Pour ces jeux de données, il s'agit donc de directement spécifier un volume 3D de sélection. C'est ce que nous proposons de faire avec notre technique en utilisant une tablette tactile capable de se géolocaliser. Nous utilisons donc la tablette Google Project Tango <https://www.google.com/atap/project-tango/> qui permet donc de fournir à la fois une saisie tactile et une saisie tangible. D'une part, le tactile permet d'ajuster des paramètres et de dessiner une forme 2D; d'autre part, les manipulations tangibles permettent d'extruder la forme 2D en 3D. Il s'agit d'une technique hybride entre le lasso de sélection et les brosses de sélection. Elle permet de fournir à l'utilisateur un contrôle total du

volume de sélection créé à partir de la forme 2D, contrairement aux techniques pré-existantes dans la littérature qui elles créent automatiquement la forme 3D à partir d'une entrée 2D sans laisser sans donner le contrôle à l'utilisateur.

CONTEXTE ET ÉTAT DE L'ART

Plusieurs techniques ont été développées afin de permettre, dans un premier temps, la sélection dans des jeux de données 2D. Tout d'abord le picking — qui consiste à cliquer sur la cible — est très utilisé notamment pour l'exploration de diagramme de dispersion. Cependant, cette technique est très chronophage et n'est, en pratique, pas utilisable pour la spécification de volume. Une alternative consiste donc à utiliser une brosse de sélection : l'utilisateur déplace une forme de sélection prédéfinie avec sa souris pour définir une région 2D. Cette technique permet de sélectionner plusieurs points parallèlement de façon efficace [3]. Une autre alternative est la technique du lasso : elle consiste à demander à l'utilisateur de dessiner une forme qui définira la sélection. Ces deux techniques sont très efficaces pour définir des sélections 2D. En effet, la dimension de l'entrée est bien en accord avec la dimension des données. En revanche, les sélections en 3D, demandent de spécifier en plus une information de profondeur. Cela peut s'avérer problématique dans la mesure où l'ensemble de l'espace 3D n'est que rarement accessible visuellement (occultation) et interactivement. Nous proposons néanmoins de fonder notre technique sur ces deux fondamentaux de la sélection que sont la brosse de sélection et le lasso.

Pour la sélection 3D, plusieurs techniques ont été développées. Tout d'abord, Ulinski et al.[5] ont proposé de permettre à l'utilisateur de manipuler un cube de sélection en utilisant deux mains. Cependant, la sélection par le biais d'un cube risque d'inclure dans la sélection finale des sous-ensembles non désirés. Les autres approches présentées dans la littérature se basent sur le contexte ou sur la structure interne, les propriétés des jeux de données. Par exemple, Yu et al.[7, 8] utilisent un lasso qui est peaufiné et étendu en 3D en prenant en compte la densité des particules dans un nuage de particules. Le volume de sélection final est donc fonction de la forme du lasso et de la densité de particules. L'extension en 3D est donc automatique alors que notre approche permet un contrôle tangible de l'extension en 3D de la forme 2D initiale. Lucas and Bowman [3] propose également une extension automatique après la spécification d'un lasso sur une tablette géolocalisée. Notre approche est basée sur cette technique, nous proposons de remplacer l'extension automatique par une extension manuelle et tangible.

TECHNIQUE DE SÉLECTION

Principe

Il s'agit dans un premier temps de demander à l'utilisateur de dessiner une forme fermée sur l'écran tactile comme montré sur la Figure 1. Nous traitons les formes non fermées de deux façons différentes. Dans un premier temps, nous calculons la distance euclidienne entre le point initial et le point final. Si cette distance est inférieure à 0.2 (unité de l'écran qui mesure 2 unités), nous fermons nous même la forme. Sinon, nous la supprimons de l'écran, car la logique de notre technique est de donner un contrôle maximal à l'utilisateur.

Contrairement aux approches mentionnées précédemment, notre approche permet à l'utilisateur de créer le volume de sélection manuellement. La forme 2D est reliée à la position de la tablette, et les utilisateurs peuvent donc déplacer cette forme dans la donnée volumétrique en déplaçant la tablette elle-même (Figure 2). Notre algorithme va donc sauvegarder toutes les positions de la tablette jusqu'à la fin de la sélection et l'extension de la forme 2D en un volume de sélection se fera à partir de ces positions (Figure 3).

Initialement, nous permettons aux utilisateurs d'utiliser les 6 degrés de liberté offerts par les manipulations tangibles de la tablette (3 degrés pour les translations et 3 degrés pour les rotations). Néanmoins, une manipulation avec 6 degrés de liberté pouvant s'avérer trop complexe dans certains cas, nous permettons également aux utilisateurs de contraindre leurs mouvements virtuels à la normale de la tablette uniquement.

Calcul du Volume de Sélection

Pour rendre le calcul efficace et quasi-temps réel, notre techniques s'appuie sur une grille 2D que l'on applique sur la tablette. Cette grille a une résolution ajustable, que nous fixons dans notre implémentation courante à 200 par 200. La forme dessinée par l'utilisateur nous permet ensuite de marquer chaque cellule de cette grille comme étant à l'intérieur ou à l'extérieur de la sélection. Pour chaque couple position/orientation de la tablette lors de l'extension en 3D, nous calculons la position de cette grille booléenne par rapport à la donnée et nous connectons deux grilles consécutives. Cela nous permet donc finalement d'obtenir une grille 3D booléenne qui caractérise le volume de sélection.

Notre approche s'inspire aussi d'autres techniques qui ont mis en place des stratégies d'affinages progressifs de la sélection [2]. Nous utilisons une approche similaire basée sur des opérateurs Booléens pour ajouter (Booléen OU), intersecter (Booléen ET), ou soustraire par rapport aux sélections précédemment effectuées.



FIGURE 1: Création de la forme de sélection avec l'écran tactile.

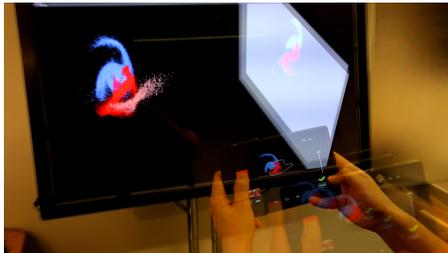


FIGURE 2: Extrusion de la forme en 3D avec les manipulations tangibles.



FIGURE 3: Visualisation du résultat de la sélection

Interface

Notre technique est basée, idéalement, sur l'utilisation de deux écrans : l'écran de la tablette géolocalisée d'une part, et un écran fixe d'autre part (Figure 1). Toutes les interactions sont faites sur la tablette, c'est donc sur la tablette que se présente l'interface visible sur la Figure 4. L'écran fixe permet d'obtenir une vue haute définition de la donnée. Toutes les opérations complexes liées à l'interaction sont faites sur le PC contrôlant l'écran fixe (afin de préserver la durée de vie de la batterie). L'interface sur la tablette permet aux utilisateurs de changer de mode d'interaction entre manipulation de données et sélection de sous-ensembles à l'aide de boutons graphiques. D'autres boutons permettent aux utilisateurs d'utiliser les opérations Booléennes mentionnées précédemment. Finalement, un dernier bouton permet d'utiliser les 6 degrés de liberté de la tablette ou de considérer uniquement les mouvements le long de la normale.

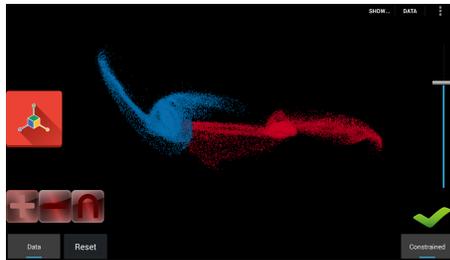


FIGURE 4: Interface de la tablette qui contrôle les sélections.

La donnée représentée sur la tablette permet d'une part d'avoir un retour visuel et d'autre part de fournir la toile pour le dessin tactile de la forme 2D de sélection. Nous utilisons spécifiquement une projection orthographique de la donnée afin que les utilisateurs puissent comparer la forme dessinée à la donnée. Bien que ce type de projection ne fournisse pas visuellement les informations de profondeur, elle a pour avantage de ne pas modifier la taille de la donnée à mesure que l'on s'en approche ou que l'on s'en éloigne, permettant de conserver visuellement le ratio entre la brosse dessinée et la donnée lors de la face d'extrusion tangible. Néanmoins, afin de donner aux utilisateurs la possibilité de percevoir des informations de profondeur, nous affichons sur l'écran statique deux vues différentes (Figure 1). La première, à gauche, est une vue synchronisée similaire à celle de la tablette mais utilisant une projection perspective. La seconde, à droite, représente une vue de la donnée avec une rotation de 45 degrés autour de l'axe y. Cette vue additionnelle représente également la position de la tablette par rapport à la donnée ainsi que la forme de la brosse de sélection utilisée. Cette configuration permet aux utilisateurs d'avoir une bonne représentation de la position de la donnée et de la tablette en temps réel et leur permet donc de contrôler leur sélection avec précision.

IMPLÉMENTATION

Notre technique a été implémentée de façon modulaire : la tablette fait tourner une application android et le PC un programme implémenté pour Linux. Chaque programme s'appuie sur VTK (VTK 6.0 pour la tablette, 6.3 sur le PC), le rendu graphique est fait avec OpenGL (OpenGL ES 2.0 pour la tablette et OpenGL 3.0 sur la station de travail). La tablette communique avec le PC via un protocole wifi UDP. Le délai engendré par la communication s'est avéré tout à fait négligeable durant nos essais. La sélection est calculée sur le PC. Selon le type de donnée, cette sélection est rendue de façon différente. Pour les jeux de données de particules, les particules sélectionnées sont affichées avec une couleur différente. Pour d'autres jeux de données, nous affichons le volume de sélection en semi-transparente.

L'implémentation actuelle permet sur la tablette et le PC d'obtenir un rendu avec 60 frames par seconde avec tous les jeux de données que nous avons essayés pour le moment. Pour les sélection très large (i.e., faisant plus de 3/4 de la taille de la tablette), le calcul de la sélection peut engendrer un certain délai. Cependant, une implémentation parallèle de notre algorithme sur le PC devrait pouvoir résoudre ce problème.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre technique de sélection 3D s'appuie sur l'interaction tactile et l'interaction tangible (via la Google Tango) et permet aux chercheurs d'explorer des jeux de données 3D et d'y effectuer des sélections de sous-ensembles 3D. Notre technique d'interaction hybride permet aux utilisateurs d'avoir un contrôle total sur le volume de sélection créé. Nous souhaitons, en perspectives, pouvoir comparer cette technique à une technique de sélection partiellement automatique (i.e., reposant sur une entrée initiale de l'utilisateur puis faisant appel à un algorithme) afin de vérifier son efficacité et de mieux en comprendre les avantages et inconvénients. Nous prévoyons également d'intégrer cette technique à notre application d'interaction Hybride pour la manipulation de données 3D, ainsi que de résoudre le délai engendré par les sélections très larges via une parallélisation de notre code.

RÉFÉRENCES

- [1] Ferran Argelaguet and Carlos Andujar. 2013. A survey of 3D object selection techniques for virtual environments. *Computers & Graphics* 37, 3 (2013), 121–136. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2012.12.003>
- [2] Felipe Bacim, Regis Kopper, and Doug A Bowman. 2013. Design and evaluation of 3D selection techniques based on progressive refinement. *International Journal of Human-Computer Studies* 71, 7 (Jul/Aug 2013), 785–802. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.03.003>
- [3] John Finley Lucas. 2005. *Design and evaluation of 3D multiple object selection techniques*. Technical Report.
- [4] John W Tukey. 1977. *Exploratory data analysis*. (1977).
- [5] Amy Ulinski, Catherine Zanbaka, Zachary Wartell, Paula Goolkasian, and Larry F Hodges. 2007. Two handed selection techniques for volumetric data. In *Proc. 3DUI*. IEEE. DOI : <http://dx.doi.org/10.1109/3DUI.2007.340782>
- [6] G. J. Wills. 1996. Selection : 524,288 ways to say “this is interesting”. In *Proc. InfoVis*. IEEE, 54–60. DOI : <http://dx.doi.org/10.1109/INFVIS.1996.559216>
- [7] Lingyun Yu, Konstantinos Efstathiou, Petra Isenberg, and Tobias Isenberg. 2012. Efficient Structure-Aware Selection Techniques for 3D Point Cloud Visualizations with 2DOF Input. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 18, 12 (Dec. 2012), 2245–2254. DOI : <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2012.217>
- [8] Lingyun Yu, Konstantinos Efstathiou, Petra Isenberg, and Tobias Isenberg. 2016. CAST : Effective and Efficient User Interaction for Context-Aware Selection in 3D Particle Clouds. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 22, 1 (Jan. 2016), 886–895. DOI : <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2015.2467202>