

LA SÉMANTIQUE DE SCÈNES 3D

Une approche sémantique pour l'adaptation et la réutilisation de scènes 3D

par Ioan Marius Bilasco

Laboratoire d'Informatique fondamentale de Lille
Bâtiment M3 – Cité scientifique 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex

Cet article présente les contributions apportées par la prise en compte de la sémantique des données 3D dans leur processus de gestion (Bilasco 2007c). Leur recherche et réutilisation deviennent plus efficaces car cette sémantique comble la distance entre l'encodage de bas niveau d'une scène et ce que perçoivent les utilisateurs des objets à part entière (bâtiments, arbres, etc.). La visualisation adaptée des scènes 3D tire également profit de cet enrichissement sémantique. Car les informations sur la nature des objets peuvent être employées afin de filtrer ou, au contraire, de mettre évidence certains objets ou catégories d'objets en relation avec les intérêts des utilisateurs. Nous proposons un modèle extensible de description autour duquel nous construisons deux plateformes de réutilisation et d'adaptation de scènes 3D. Nous avons validé les apports de ces contributions via une application de construction de scènes urbaines.

Introduction

Le 3D rend possible la création, la modification ou l'exécution de simulations dans un monde virtuel d'une manière plus réaliste qu'une représentation linéaire ou 2D de l'information. De nombreuses applications issues des divers domaines bénéficient de l'apport informationnel fourni par des scènes 3D réalistes qui, également, donnent lieu à des interactions plus complexes (visualisation, exploration, navigation) entre utilisateurs et applications. La recherche d'un contenu 3D, la réutilisation de contenus 3D, la personnalisation de scènes 3D, l'intégration de contenus 3D au sein des applications multimédia seront, de notre point de vue, les thèmes prioritaires de recherche dans les années à venir dans le domaine de l'information 3D. Chacun de ces thèmes a déjà été abordé dans le monde multimédia pour d'autres types de données (texte, son, image, vidéo). Toutefois, la richesse de l'information 3D nécessite un investissement particulier et des méthodes adaptées et spécifiques de travail. Par exemple, des scènes couvrant de très grands espaces physiques et/ou qui contiennent une grande masse d'informations (comme la version 3D de Paris disponible sur les Pages jaunes) ne conviennent pas aux utilisateurs seulement intéressés par une partie de l'espace (par exemple, les Champs-Élysées). Par ailleurs, le procédé d'adaptation devrait combiner différentes techniques afin d'obtenir des résultats adéquats. Une technique

d'adaptation conçue pour la réduction d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) dégradera excessivement un objet représentant un bâtiment inclus dans la même scène que le MNT. En ce qui concerne les aspects liés à la réutilisation, selon l'application, des informations différentes peuvent être associées au même objet 3D. Ainsi, alors que dans une application d'aménagement urbain on associe à un bâtiment (objet 3D) le nombre de personnes pouvant y vivre, dans une application d'évaluation du risque sismique, ce même objet se verra associer des informations sur sa vulnérabilité.

L'état de l'art montre un engouement certain autour de la prise en compte de la sémantique dans la réutilisation et l'adaptation de données 3D, cependant la représentation et l'utilisation de celles-ci ne dépassent pas le cadre d'une application spécifique. Les mécanismes de réutilisation sont très peu formalisés et l'apport de la sémantique est très peu exploité. En dépit de leur grand nombre et de leur diversité, les techniques d'adaptation sont généralement appliquées de manière ponctuelle, en étroite relation avec une solution logicielle spécifique. Dans ce contexte, notre objectif est d'offrir une meilleure gestion des données 3D et de leur sémantique. Nous proposons des solutions d'enrichissement sémantique, qui ouvrent la voie à la réutilisation et l'adaptation indépendamment d'une modélisation 3D des données et d'une représentation spécifique de la sémantique.

Nous organisons notre contribution en quatre parties. 3D SEmantic Annotation Model (3DSEAM) est un modèle générique permettant de caractériser les objets 3D d'une scène. 3D Annotation Framework (3DAF) est une plateforme qui permet d'exploiter le modèle 3DSEAM en assurant l'indépendance entre une représentation particulière et le moyen d'accès à l'information. 3D Semantic Data Library, plateforme construite au-dessus de 3DAF, facilite la recherche et la réutilisation de contenus 3D sémantiques. Adapt3D est une plateforme qui supporte la mise en place des adaptations à base de catégories d'objets au sein d'une scène.

2 Modèle pour la caractérisation de données 3D

Nous présentons le modèle **3D SEmantic Annotation Model** (3DSEAM) qui caractérise les données 3D sous tous leurs aspects (**géométrie** : position dans la scène...; **apparence** : couleur dominante...; **profil média** : taille du fichier...; **sémantique** : propriétés de l'entité du monde représentée par la donnée...). Afin de maîtriser le processus de gestion des annotations, nous les organisons en trois catégories décrivant : **la nature multimédia des documents** matérialisant les scènes 3D (taille, type d'encodage, etc.), **les caractéristiques intrinsèques de la forme** des données 3D (géométrie, structure, apparence) et **les connaissances sémantiques**.

Une scène (Scene) est composée d'une série de fragments multimédia (MMFragment – objets 3D, textures, sons) localisés au sein de scènes par des repères spécifiques (MediaLocator). Ces fragments caractérisés par leur profil média (MediaProfile) peuvent également être associés aux entités du monde (Entity), chacune étant caractérisée par un ensemble d'informations sémantiques (Semantics). Un niveau sémantique spécifique au fragment dans la scène est introduit grâce à une relation directe (LocalSemantics) entre le fragment multimédia et la classe sémantique (Semantics) représentant la sémantique locale.

En ce qui concerne la représentation utilisée pour modéliser ces connaissances, nous souhaitons nous affranchir d'un encodage spécifique. Nous voulons mettre l'accent sur l'importance de la prise en compte de toutes les caractéristiques d'une donnée 3D (géométrie, apparence, topologie, sémantique, profil média) dans les processus de réutilisation et d'adaptation. Nous choisissons un modèle à base d'objets nous conférant des possibilités de formalisation suffisamment génériques pour supporter

l'ensemble de solutions d'encodage de connaissance possibles (MPEG-7, RDF, etc.).

Actuellement, **nous devons compter sur l'utilisation d'annotations** qui peuvent se révéler imprécises, incomplètes et très hétérogènes. C'est pourquoi nous introduisons la notion du profil sémantique afin de regrouper les propriétés et les relations qui sont propres à des domaines d'applications spécifiques. Ainsi, nous avons regroupé certaines informations liées aux applications géomatiques.

Afin d'octroyer un certain niveau de généralité à notre modèle en ce qui concerne les outils de description de la localisation des objets au sein d'une scène, nous proposons trois types de repères (repères structurels, repères spatiaux, repères spatio-structurels) (Bilasco 2005). Il est envisageable d'étendre cet ensemble initial afin de prendre en compte la dimension temporelle.

Dans la figure 1, nous illustrons l'utilisation de ces repères. Les repères structurels s'appuient sur la structure du document encodant une scène 3D. Ainsi, pour identifier le rez-de-chaussée du bâtiment A, nous utilisons le repère Scene/ BATTIMENT_A/RDC_A. Suivant le type du document, on utilisera une écriture spécifique pour transcrire ce repère (par exemple XPATH pour les documents X3D). Les repères structurels ne suffisent plus dès lors que la structure de la scène n'est pas suffisamment détaillée. Par exemple, le bâtiment B est encodé comme un seul objet sans différencier entre le rez-de-chaussée et le premier étage. L'on doit faire appel à un repère structurel afin d'indiquer la région du bâtiment qui correspond au rez-de-chaussée.

3 Vers une solution de gestion générique de la sémantique de données 3D

Nous proposons des solutions pour l'ajout et l'extraction d'informations au moyen de requêtes indépendantes d'un choix d'implémentation spécifique du modèle 3DSEAM. Cette indépendance entre l'accès et la représentation des données permet aux concepteurs de se focaliser sur leurs besoins et non sur les conventions d'encodage. **Une extension du langage OQL** (Bilasco 2007c) utilisant les concepts et l'organisation de 3DSEAM (fragment, entité, sémantique, profil de média représenté comme une liste de propriétés, etc.) **est proposée pour faciliter l'interrogation des instances stockées au sein de la plateforme 3DAF** (Bilasco 2006).

Afin de concrétiser cette séparation entre les choix de stockage et d'interrogation, nous proposons une architecture pour une plateforme de gestion d'annotations dénommée 3D Annotation Framework (3DAF). 3DAF repose sur trois composants principaux : l'**Entrepôt d'annotations 3DSEAM**, le **Gestionnaire des annotations**, et le **Gestionnaire des requêtes**. Nous organisons les instances des classes du modèle 3DSEAM en trois entrepôts de connaissances, dédiés respectivement à la description de la sémantique, de l'entité et du fragment multimédia. Les **Gestionnaire d'annotations** et **Gestionnaire de requêtes** traduisent les requêtes à base de concepts 3DSEAM en requêtes spécifiques aux conventions de stockage propres à chaque type d'entrepôt. Ainsi, le monde extérieur n'est pas concerné par le choix d'une représentation interne des instances 3DSEAM.

4 Exploitation de la sémantique dans la réutilisation

Nous proposons une solution logicielle (fig. 2) qui permet d'**attacher automatiquement de la sémantique à la géométrie au sein d'une scène 3D**. Il s'agit d'une bibliothèque de données sémantiques spécialisée dans les contenus 3D. Appelée 3DSDL (**3D Semantic Data Library**), cette bibliothèque interroge les instances 3DSEAM et offre des scènes 3D annotées convenablement pour des applications 3D aux besoins sémantiques spécifiques. Un client fournit une liste de critères auxquels les résultats doivent répondre et une liste de propriétés sémantiques couvrant les besoins de l'application cible. La plateforme met en place des requêtes extrayant identifiants et repères de localisation, en fonction des propriétés.

La plateforme est composée d'un noyau central et d'un ensemble de répertoires référençant les modules externes contribuant au bon fonctionnement de la plateforme. Les principaux composants du noyau sont : l'**Interface de communication** qui fait le lien entre les clients et le noyau d'exécution ; les modules d'interrogation **Récupération de propriétés et Récupération d'objets** caractérisés par leur identifiant et par leur repère de localisation ; le module **Extraction d'objets 3D** qui récupère le *code 3D* d'un objet défini par un repère de localisation 3DSEAM ; le module **Attachement de la sémantique** – dont le rôle est d'injecter de la sémantique dans les fragments 3D ; le module **Assemblage de scène** qui décide de l'organisation spatiale des objets au sein de la nouvelle scène ; le module **Contrôleur de réutilisation** – dont le rôle est de diriger le processus de réutilisation. Afin d'étudier

l'extensibilité de la plateforme nous avons considéré des opérateurs géospatiaux (equals, contains, ...) qui permettent de formuler des requêtes spatiales (Bilasco 2007a). Ils sont implémentés par le module d'**Analyse géospatiale** qui se propose comme un composant externe à notre architecture. Les modules externes enregistrent auprès de la plateforme 3DAF l'ensemble des opérateurs (identifiés par leur nom) dont ils disposent. Ces liens permettent à la plateforme de savoir quels modules traitent quels opérateurs spécifiques. Plus particulièrement, le module **Analyse géospatiale** est mis en relation avec le module **Récupération d'objets**. L'analyse géospatiale requiert des informations relatives à la nature géographique des objets 3D. Ainsi, le module externe se connecte à 3DSDL afin d'accéder aux informations nécessaires à l'évaluation des requêtes impliquant divers opérateurs géospatiaux.

5 Vers une adaptation différenciée de données 3D

Nous proposons une plateforme d'adaptation offrant aux concepteurs des méthodes logicielles des formalismes leur permettant d'**assembler des scènes ou de transformer des scènes existantes en identifiant des classes d'objets et en leur associant des méthodes spécifiques d'adaptation** (Bilasco 2007a). Nous distinguons deux notions : **des règles d'adaptation** et **des stratégies d'adaptation**. Une règle d'adaptation est construite en deux parties : la première définit le critère de choix des objets sous l'emprise de la règle et la seconde correspond à la technique d'adaptation qui s'applique aux objets qui répondent aux critères de choix. Une stratégie d'adaptation correspond à un ensemble de règles d'adaptation et à un ordre d'exécution précis.

Chaque plateforme d'adaptation, construite au-dessus du modèle de règles que nous proposons, doit être libre de définir un ensemble de techniques d'adaptation spécifique. En définissant une règle d'adaptation, le concepteur de la règle doit tenir compte des types d'objets sous l'emprise du critère de sélection formulé, afin de définir la technique d'adaptation la plus appropriée.

Dans cette section, nous illustrons l'application des règles d'adaptation en utilisant deux techniques d'adaptation : le filtrage et la dégradation de la géométrie. Ces techniques peuvent servir à préparer le déploiement d'une scène de type ville virtuelle sur un dispositif disposant de capacités limitées appartenant à un utilisateur dont le besoin principal, en termes d'information, est d'obtenir une vue générale

de la scène pour évaluer la densité des bâtiments dans une région spécifique de la scène. La figure 3 présente le résultat de l'adaptation décrite par deux règles d'adaptation (filtrage des arbres et dégradation de bâtiments), appliquées sur une scène de petite taille modélisant une partie du campus universitaire.

À gauche, la scène initiale est illustrée. La scène contient des bâtiments, des arbres et des routes. À droite, nous présentons le résultat du processus d'adaptation. La scène générée est approximativement 16 fois plus petite en termes de nombre de primitives géométriques de base que la scène initiale (uniquement 34 polygones dans la scène adaptée contre 540 polygones dans la scène initiale). Elle est également 23 fois plus petite en termes de taille mémoire sur le disque (uniquement 4kb contre 92kb).

6 Perspectives

D'un point de vue applicatif, nous poursuivons le développement de l'application expérimentale consacrée à la gestion des modèles urbains. L'étape suivante consistera à tester la robustesse de l'approche en termes de réutilisation et d'adaptation

sel de données 3D.

Bibliographie

Bilasco Ioan Marius, Gensel Jérôme, Villanova-Oliver Marlène, Martin Hervé, 2005, « On indexing of 3D scenes using MPEG-7 », *Proc. of ACM Multimedia*, Singapore, p. 361-375.

Bilasco Ioan Marius, Gensel Jérôme, Villanova-Oliver Marlène, Martin Hervé, 2006, « An MPEG-7 framework enhancing the reuse of 3D models », *Proc. of Web3D Symposium*, Columbia, Maryland, p. 65-74.

Bilasco Ioan Marius, Gensel Jérôme, Villanova-Oliver Marlène, Martin Hervé, 2007a, « Towards geospatial queries in semantic digital libraries for 3D data », *Transaction in GIS Journal*, vol. 11(3), p. 337-353.

Bilasco Ioan Marius, Gensel Jérôme, Villanova-Oliver Marlène, Martin Hervé, 2007b, « Semantic-based rules for 3D scene adaptation », *Proc. of Web3D Symposium*, Perugia, Italy, p. 97-100.

Bilasco Ioan Marius, 2007c, *Une approche sémantique pour la réutilisation et l'adaptation de données 3D*, Grenoble, Université Joseph Fourier, 252 p.

en cherchant à ré-exploiter les données 3D issues du milieu urbain dans le cadre d'un autre domaine applicatif, comme par exemple les systèmes visant la génération de visites virtuelles thématiques.

Une autre piste d'étude que nous présentons ici, correspond à la quantification des différentes dimensions d'une scène 3D afin de mettre en place des stratégies d'adaptation qui modifient le moins possible la scène initiale. Ceci passe par une meilleure prise en compte du contexte de diffusion et par une évaluation quantitative de chaque dégradation subie par la scène par rapport aux différentes techniques d'adaptation disponibles.

Les données 3D sont de plus en plus présentes dans les systèmes d'information, notamment dans les SIG avec, par exemple, la visualisation de villes 3D. Si l'émergence du 3D entraîne une profusion d'informations, elle génère également de nouvelles possibilités d'applications. Les propositions faites dans le cadre de cette thèse constituent une base de travail pour le développement d'applications 3D dotées de capacités d'adaptation et facilement réutilisables. Ceci va dans le sens d'une démocratisation des processus de création et de déploiement univer-



Figure 1 : Repères spatio-structuraux

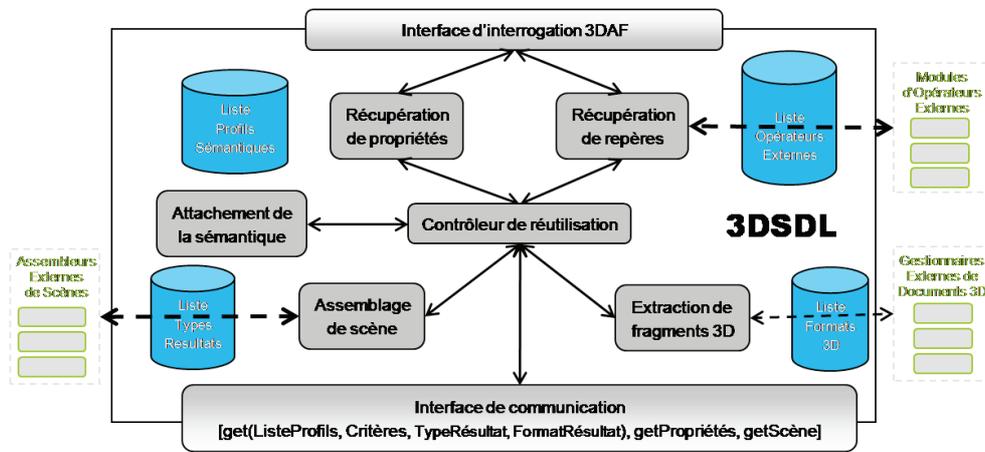


Figure 2 : Architecture générale de 3DSDL

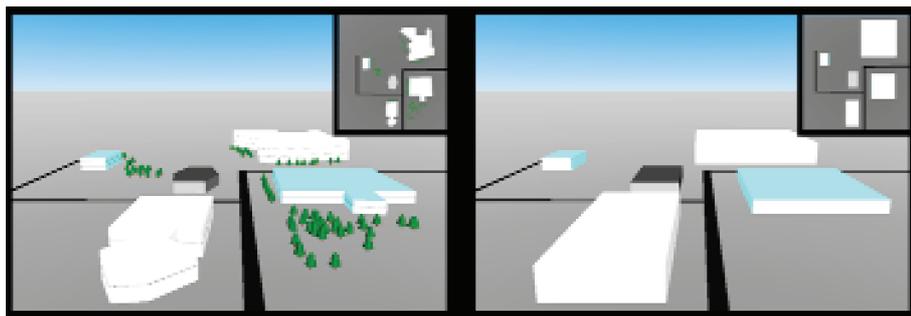


Figure 3 : Résultat d'une adaptation différenciée