Conception et réalisation d'outils pour l'interaction homme machine dans les environnements de démonstrations mathématiques

Hanane Naciri
Thèse dirigée par Laurence Rideau
INRIA Sophia Antipolis, BP. 93, 06902 Sophia Antipolis Cedex, France.
Hanane.Naciri@sophia.inria.fr

Mots-clefs: interaction homme machine, outils de formatage, affichage de formules mathématiques.

1 Introduction

Cette thèse se place dans le cadre du développement d'outils pour l'interaction homme machine dans les environnements de démonstrations mathématiques. Nous nous intéressons en particulier à produire des outils de formatage et d'affichage interactifs pour manipuler dynamiquement les objets structurés représentant des documents comme des programmes ou des formules mathématiques.

Notre but est de présenter les objets structurés et en particulier les formules mathématiques de façon conviviale et d'offrir des interactions variées à la souris comme la sélection de sous-expressions afin de pouvoir les manipuler dynamiquement (évaluation, simplification, modification, génération de code, etc....). Nous devrons résoudre le problème lié à la diversité des objets à manipuler: du texte simple, des formules mathématiques pour les systèmes de preuves ou de calcul formel, des images. Des problèmes particuliers se posent pour les formules mathématiques qui ont une structure complexe et bidimensionnelle (matrices, intégrales, indices, ...).

D'autre part, nous sommes intéressés par l'intégration de nos outils d'interface graphique sur le Web pour bénéficier des développements actuels ou futurs effectués dans les navigateurs et atteindre ainsi une population plus large d'utilisateurs potentiels d'outils mathématiques sur ordinateur.

2 Réalisation et approches suivies

Dans le cadre de cette thèse, nous nous appuyons sur les recherches effectuées ces dernières années dans l'équipe CROAP, puis l'équipe LEMME de l'INRIA, sur le moteur d'affichage bidimensionnel, incrémental, et interactif FIGUE. FIGUE est utilisé pour le développement d'outils interactifs et d'éditeurs d'objets structurés. Actuellement, FIGUE et son extension AÏOLI (bibliothèque dédiée à la manipulation d'objets arborescents) sont utilisés pour le développement du système PCOQ, une interface graphique conçue pour le système de développement de preuves COQ. FIGUE n'est pas seulement un moteur d'affichage, il offre aussi un puissant mécanisme de sélection permettant de manipuler dynamiquement à la souris des objets structurés (calcul, simplification de formules mathématiques, génération de code ...). FIGUE est un module indépendant et extensible avec une architecture ouverte. Il se base sur la notion de boîtes pour représenter ses objets structurés. Chaque boîte est associée à un type de constructeur graphique. FIGUE implémente quelques constructeurs de base: *Horizontal*, *Vertical*, *Paragraphe* et *Atom*. Chaque constructeur prend une liste de boîtes en argument et les formate selon un algorithme de formatage spécifique prenant en compte des paramètres liés au contexte graphique (la largeur de la page, les fontes ...). Un soin particulier est accordé à l'efficacité et l'incrémentalité des algorithmes de formatage pour assurer des délais d'affichage compatibles avec les besoins d'une interface interactive.

L'architecture extensible de FIGUE, nous a permis d'introduire des nouveaux constructeurs graphiques mathématiques (*Racine*, *Puissance*, *Matrice*,...) qui formatent et affichent dynamiquement la formule mathématique correspondante. Pour ajouter ces constructeurs mathématiques, nous avons choisi de suivre les recommandations du standard MathML. MathML, comme FIGUE, se base sur la notion de boîtes pour représenter les objets structurés. La correspondance entre les boîtes FIGUE et les éléments MathML se fait donc naturellement. Dans notre implémentation, chaque élément MathML correspond à une boîte (constructeur) FIGUE décrivant comment ses fils doivent être disposés et affichés.

Pour intégrer nos outils d'interface graphique sur le Web, nous suivons deux approches: d'une part, les outils que nous développons sont écrits en JAVA, ce qui permet une intégration aisée dans les navigateurs Web les plus répandus; d'autre part, nous développons une interface dans FIGUE permettant de traduire un document XML contenant du MathML en un arbre de boîtes FIGUE qui sera affiché par la suite. Inversement, nous générons aussi du XML contenant du MathML à partir de l'arbre de boîtes FIGUE représentant le document. Cela permet un affichage de l'ensemble des données utilisées par notre environnement par des navigateurs Web supportant du XML, et une diffusion facile via le Web.

3 Perspectives

Dans le cadre de cette thèse, nous étendons le moteur de formatage et d'affichage 2D FIGUE pour manipuler et afficher des formules mathématiques. La manipulation des objets mathématiques soulève plusieurs problèmes, par exemple la complexité et la diversité des règles typographiques, l'affichage des grandes formules, la sélection de sous-expressions et l'ambiguïté de certaines notations mathématiques. Dans la suite de notre travail, nous espérons proposer des solutions intéressantes pour ces problèmes et implémenter la totalité des constructeurs mathématiques proposés par le standard MathML. Nous nous fixons aussi comme objectif de développer un éditeur d'objets structurés pour le Web, dans le genre d'AMAYA. Notre approche a l'avantage d'assurer un lien entre les objets graphiques du document et leur syntaxe abstraite. Elle offre la possibilité de faire une sélection structurée des objets affichés et de les manipuler hors du contexte graphique du document.

A partir du travail réalisé en PCOQ sur la mise en place d'explication des preuves en langue naturelle, une autre direction de recherche est envisageable pour nous. Aujourd'hui, il existe des explications en langue française et anglaise. Dans l'avenir, nous envisageons d'expérimenter l'implémentation des explications en arabe, ce qui permettrait de tester et de pousser dans ses limites notre moteur d'affichage FIGUE pour écrire de droite à gauche et même mélanger l'affichage droite-gauche (texte arabe) et l'affichage gauche-droite (mathématiques).

Références

[1] H.Naciri et L.Rideau. *Affichage interactif, bidimensionnel et incrémental de formules mathématiques.* CARI'2000, Antananarivo (Madagascar), 16-19 octobre 2000.

[2] Neil Morrell Soiffer. The design of a user interface for computer algebra systems. Technical Report CSD-91-626, University of California, Berkeley.

[3] Y. Bertot, G. Kahn, and L. Thery. Proof by pointing. *Lecture Notes in Computer Science*, 789:141–??, 1994.

[4] Y. Bertot. Direct manipulation of Algebraic Formulae in Interactive Proof Systems *Workshop on User-Interfaces for Theorem Provers*, September 1997. ftp://babar.inria.fr/pub/croap/bertot/uitp-97.ps.gz