

De la conception à l'implémentation des Systèmes Mixtes

Guillaume Gauffre, Emmanuel Dubois

IRIT - LIHS
118, route de Narbonne
31062, Toulouse Cedex 4.
{gauffre ; emmanuel.dubois}@irit.fr
Tél. : 05 61 55 74 05
Fax : 05 61 55 62 58

Pierre Dragicevic

INTUILAB
Prologue 1, La Pyrénéenne
31672, Labège Cedex
dragice@intuilab.com
Tél. : 05 61 00 44 05
Fax : 05 61 00 44 01

RESUME

Une partie des travaux menés dans le domaine des systèmes mixtes s'intéresse à leur développement (bibliothèques et plateformes d'assemblage), une autre partie s'intéresse à leur modélisation. Malheureusement ces approches demeurent cloisonnées et le lien entre les phases de conception et d'implémentation des systèmes mixtes est inexistant. Pour pallier ce manque, nous présentons une approche, ASUR-IL, aidant à identifier les composants logiciels à mettre en œuvre en vue de l'implémentation d'une solution de conception décrite avec ASUR.

MOTS CLES : Systèmes Mixtes, Conception, Modèle ASUR, Implémentation.

Logiciel d'édition : Microsoft® Word 2002 SP3

Forme de participation de la soumission : Articles de recherches courts

Les thèmes de la soumission choisis dans la liste proposée : Prospective des technologies de l'information - Ingénierie de l'IHM, outils de conception et réalisation.

De la conception à l'Implémentation des Systèmes Mixtes

Guillaume Gauffre, Emmanuel Dubois

IRIT - LIHS
118, route de Narbonne
31062, Toulouse Cedex 4.
{gauffre ; emmanuel.dubois}@irit.fr

Pierre Dragicevic

INTUILAB
Prologue 1, La Pyrénéenne
31672, Labège Cedex
dragice@intuilab.com

RESUME

Une partie des travaux menés dans le domaine des systèmes mixtes s'intéresse à leur développement (bibliothèques et plateformes d'assemblage), une autre partie s'intéresse à leur modélisation. Malheureusement ces approches demeurent cloisonnées et le lien entre les phases de conception et d'implémentation des systèmes mixtes est inexistant. Pour pallier ce manque, nous présentons une approche, ASUR-IL, aidant à identifier les composants logiciels à mettre en œuvre en vue de l'implémentation d'une solution de conception décrite avec ASUR.

MOTS CLES : Systèmes Mixtes, Modèle ASUR, Implémentation, Conception.

ABSTRACT

Part of research in mixed systems is dealing with development tools, such as libraries or platforms, whereas other part deals with design. Unfortunately, these two major approaches have not been related. As a result, there can be no explicit link between the design and the implementation stages of the mixed system development process. We present ASUR-IL, an approach that identifies software components required to implement a design described with the ASUR model.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: H.5.2 [User Interfaces]: Theory and Methods ; D.2.2 [Design Tools and Techniques]: User Interfaces.

GENERAL TERMS: Design

KEYWORDS: Mixed Systems, Design, ASUR model, Implementation.

INTRODUCTION

Ces vingt dernières années, les *systèmes mixtes* tels que les systèmes de réalité augmentée, de virtualité augmentée, les interfaces tangibles ou l'informatique pervasive,

ont suscité de nombreux travaux de recherche [4]. Aujourd'hui, les domaines d'application ne se limitent plus à des domaines spécialisés tels que la chirurgie et la défense, et le matériel devient de plus en plus accessible au grand public. Face à la popularisation naissante des systèmes mixtes, les méthodes et les outils actuellement utilisés pour la conception et le développement d'IHM se doivent d'évoluer et de prendre en compte des spécificités telles que l'utilisation d'objets physiques, des dispositifs hétérogènes, et la prise en compte de l'environnement.

Pour y parvenir et pour accroître la rapidité et la qualité du développement de ces systèmes, prendre en compte la totalité du cycle de développement est incontournable. Dans cet article, nous montrons en quoi les problèmes liés à la conception et au développement ont jusque-là été abordés séparément, et proposons une première approche établissant un lien entre conception et développement, basé sur le modèle ASUR.

MISE EN ŒUVRE DES SYSTEMES MIXTES

Depuis les débuts du domaine, les efforts de recherche ont essentiellement porté sur la construction de démonstrateurs. Ces contributions ont démontré la faisabilité et l'utilité de nouvelles techniques d'interactions de type mixte. Elles ont en outre permis de promouvoir l'utilisation de technologies alternatives : vision par ordinateur, capture de mouvements, reconnaissance et synthèse de la parole, etc. Grâce à ces réalisations, de nombreuses bibliothèques logicielles sont désormais directement exploitables pour la réalisation de systèmes concrets. Plusieurs d'entre elles ont reculé les limites imposées par les outils classiques en prenant en charge certaines caractéristiques propres aux systèmes mixtes : ICon [3] et Context Toolkit [12] permettent d'exploiter un grand nombre de dispositifs et de capteurs de nature hétérogène, d'autres bibliothèques sont spécialisées dans des styles d'interaction spécifiques, comme l'ARToolkit [8], qui permet de réaliser des systèmes à base de marqueurs.

Pour compléter ces aides à l'implémentation, plusieurs plateformes de développement de systèmes mixtes ont été mises en œuvre. Ainsi, DWARF [1] et AMIRE [7] permettent de produire rapidement des applications utilisant des techniques d'interaction mixte. Ces deux environnements de développement sont basés sur l'assemblage de composants prédéfinis. Un gestionnaire

de service (ou *middleware*) effectue les connexions entre chacun des composants. Du point de vue du génie logiciel, ces projets apportent beaucoup : architecture à base de composants, communication entre les services, intégration de diverses plateformes. Mais elles offrent peu d'aide à la conception : elles ne prennent pas en compte les spécificités de l'utilisateur, des objets qui l'entourent, ou de son environnement.

SPECIFICATION ET CONCEPTION

Parallèlement à ces aides au développement, plusieurs approches de spécification et de conception ont été proposées pour les systèmes mixtes. Le paradigme TAC [10] permet par exemple de spécifier des Interfaces Tangibles en récapitulant les actions possibles avec les objets physiques. L'approche de Trévisan [11], basée sur les modèles et non limitée aux Interfaces Tangibles, détaille quatre aspects de la conception : l'intégration spatiale des objets, l'enchaînement temporel des sous tâches, le contexte d'insertion des dispositifs et le focus de l'utilisateur. Le modèle IRVO [2] représente graphiquement les objets du système (physique et numérique) et les échanges de données entre ces objets. Dans cet article, nous nous appuyons sur une approche similaire, ASUR, dont nous rappelons les principes par la suite.

Le modèle ASUR

Principe. Depuis son introduction, le modèle ASUR (Adapter, System, User, Real objects) s'est doté de plusieurs extensions, dont un affinement de la définition des composants numériques [5]. Il a également été instrumenté d'un éditeur graphique, GUIDE-ME [6].

ASUR permet de décrire les différentes facettes de l'interaction avec un système mixte pendant la réalisation d'une tâche. Une première phase consiste à identifier les composants du système. Ceux-ci comprennent, outre l'utilisateur U :

- des objets physiques : il s'agit de l'objet de la tâche, R_{Object} ou d'un objet utile pour réaliser la tâche R_{Tool} .
- des objets numériques : il s'agit de l'objet de la tâche, S_{Object} , d'un composant agissant sur d'autres objets numériques, S_{Tool} , ou bien de S_{Info} .
- des adaptateurs : notés A_{In} en entrée et A_{Out} en sortie, ils relient les mondes physique et numérique.

Les échanges de données entre ces composants au cours de la réalisation de la tâche sont représentés par les relations ASUR. Enfin, composants et relations sont complétés par des caractéristiques telles que le sens de perception ou d'action, le rôle des composants et, le langage associé aux relations. L'éditeur GUIDE-ME permet au concepteur d'explorer aisément les diverses solutions de conception possibles.

Illustration. La Figure 1 présente le diagramme ASUR d'un système issu d'une collaboration avec le domaine des arts plastiques. Il s'agit d'un système mixte, de type

virtualité augmentée, permettant de manipuler un pantin numérique 3D. Les éléments (bras, jambe,...) d'un pantin 3D (S_{Object} - Objet 3D) sont manipulés séquentiellement par des marqueurs physiques (A_{In} - Caméra). Il existe un marqueur par élément manipulable (bras, jambe,...) (R_{Tool} - Marqueur). Un capteur de toucher (A_{In} - Capteur de toucher) permet de sélectionner le mode de manipulation (S_{Info} - Mode d'interaction) parmi : rotation, translation ou agrandissement-réduction. Sur un écran (A_{Out} - Ecran), l'objet 3D, le retour vidéo (S_{Info} - Capture vidéo) et le mode courant sont représentés.

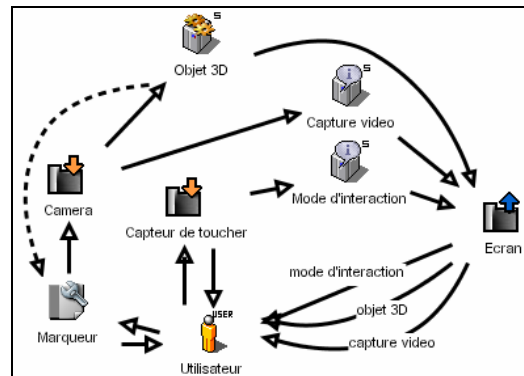


Figure 1 : diag. ASUR – Manipulation d'un pantin numérique

Problématique. Le modèle ASUR constitue aujourd'hui l'un des outils de conception les plus mûrs du domaine, mais n'offre aucune aide directe à l'implémentation : la vue de haut niveau du système mixte proposée par ASUR n'est pas mise en rapport avec des solutions techniques et logicielles existantes ou envisageables. Le problème général de la liaison entre éléments de spécification et de mise en oeuvre a fait l'objet de nombreuses études, l'une des approches les plus populaires étant UML. Néanmoins, dans le domaine des systèmes mixtes, aucune approche ne permet encore de franchir le gouffre entre les phases de conception et d'implémentation. L'extension d'ASUR, ASUR-IL, constitue un premier pas vers une approche permettant de combler ce gouffre : elle conduit à l'identification d'éléments directement implémentables sous la forme de composants logiciels.

ASUR - IMPLEMENTATION LAYER

Un diagramme ASUR-IL est constitué de différents types d'éléments que nous présentons dans le paragraphe suivant. Puis nous présentons les bases d'une méthode de passage de ASUR à ASUR-IL et une illustration concrète à partir du scénario introduit précédemment.

Diagrammes ASUR-IL

Adaptateurs. Ils définissent les matériels et les bibliothèques logicielles à utiliser, qu'ils soient spécifiques aux systèmes mixtes ou issus de l'IHM traditionnelle, et les plateformes et pilotes envisagés. Les adaptateurs sont représentés par un triplet cohérent (matériel, plateformes/pilotes, bibliothèques) qui permet d'étudier la portabilité du système et le type de données fourni par la bibliothèque.

Entités. Les entités ASUR-IL décrivent les éléments informatiques impliqués dans l'interaction d'un utilisateur avec un système mixte. Afin de favoriser la réutilisabilité et la séparation entre rendu et comportement des éléments de l'interaction, chaque entité est structurée à la manière de MVC [9]. Les entités sont de trois types :

Les **Modèles** constituent une abstraction du noyau fonctionnel au niveau de l'interaction. Ils représentent les données et les règles métier de l'application.

Les **Vues** désignent la représentation d'un objet. Elles doivent pouvoir communiquer avec les bibliothèques en sortie. Selon la nature de ces dernières, nous proposons une « zone d'agencement » sous la forme d'une hiérarchie de composants que le concepteur pourra étendre en fonction des besoins.

Les **Contrôleurs** désignent le comportement d'une entité. Pour cela ils doivent pouvoir recueillir les informations des bibliothèques en entrée et des Modèles d'autres entités.

Echange de données. Nous distinguons trois formes de communication entre composants logiciels. Les composants MVC d'une même entité communiquent par appel de méthode. Les adaptateurs et les entités communiquent par événements. Enfin, entre différentes entités, la communication se fait également par événements, complété selon le type d'entité, par des paramètres ou par un appel de méthode en retour (voir Figure 4).

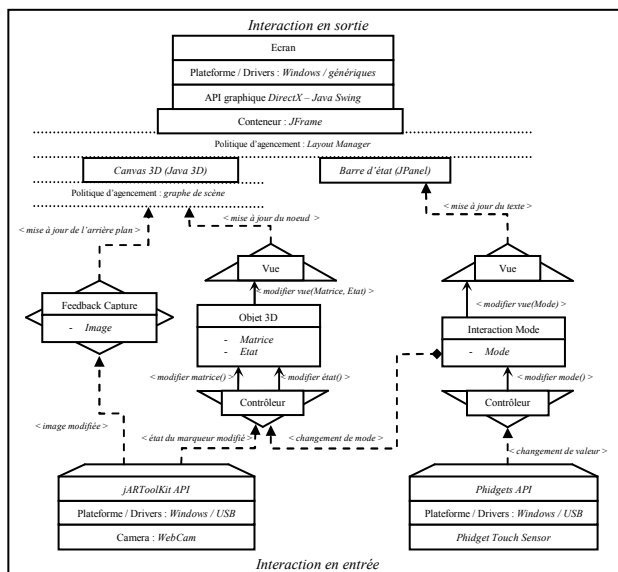


Figure 2 : diagramme ASUR-IL du premier scénario

Méthode de passage de ASUR à ASUR-IL

Un diagramme ASUR-IL s'appuie sur 3 étapes.

Transformation des composants Adaptateurs. Ce choix est guidé par les caractéristiques "Sens de perception" (visuel, audio, tactile, olfactif et gustatif) et "Sens d'action" (action physique, langage écrit/gestuel/ parlé) des adaptateurs du modèle ASUR. Une fois l'adaptateur

défini, nous connaissons le type de données qu'il est capable de transmettre. Dans notre exemple la jARToolKit transmet les informations relatives à chaque marqueur (matrice de transformation et son état : visible ou pas) et l'image capturée par la camera.

Transformation des composants Système. Cette étape consiste à traduire les composants ASUR du système informatique en entités ASUR-IL : cette traduction dépend du type (S_{Object} , S_{Tool} ou S_{Info}) et du rôle du composant ASUR. Ainsi, l'objet de la tâche, S_{Object} , est composé d'un Modèle, d'une ou plusieurs Vues et d'un ou plusieurs Contrôleurs (cf. Objet 3D - Figure 2).

Les S_{Tool} ne sont pas des objets en relation avec le noyau fonctionnel : ils servent uniquement à exécuter une action. C'est pourquoi leur entité ASUR-IL est composée d'un Contrôleur et d'une ou plusieurs Vues (voir Figure 3). Leur rôle est de créer une donnée à partir de données recueillies par les dispositifs et le cas échéant, en provenance d'un S_{Info} .

Enfin, les S_{Info} peuvent avoir 4 rôles différents :

- *Feedback d'interaction* : il s'agit alors d'une entité ASUR-IL monolithique, non structurée en MVC, car son rôle consiste à adapter une donnée en fonction des bibliothèques en entrée et sortie (cf. Feedback Capture - Figure 2).
- *Données numériques* : l'entité ASUR-IL est composée d'un Modèle, d'une ou plusieurs Vues et d'un ou plusieurs Contrôleurs. De plus elle doit pouvoir fournir ses données aux Contrôleurs des entités associées à un S_{Object} ou un S_{Tool} (cf. Mode d'interaction - Figure 2).
- *Décors/Frontières* : l'entité ASUR-IL associée a les mêmes caractéristiques que l'entité précédente excepté qu'elle n'a pas besoin de Contrôleur puisqu'il s'agit d'une donnée statique.
- *Aide* : c'est aussi une donnée statique, l'entité ASUR-IL a donc la même structure qu'une entité Décors/Frontières. La différence se situe au niveau de sa relation avec l'objet de la tâche (voir Figure 4).

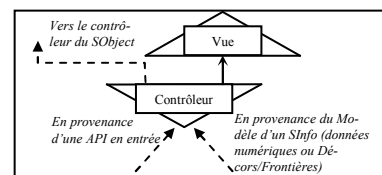


Figure 3 : transposition d'un STool dans ASUR-IL

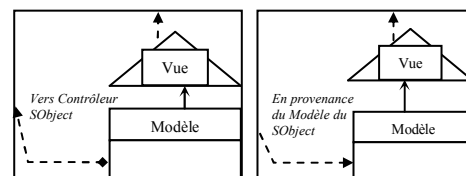


Figure 4 : transposition de Décors/Frontières et Aide

La liaison entre les Vues et les bibliothèques en sortie ne peut se déduire des diagrammes ASUR : cette liaison est donc laissée aux soins du développeur.

Transformation des relations. Les relations ASUR entre adaptateurs et composants du système se retrouvent dans ASUR-IL. Il s'agit de communications par événement entre adaptateur et entités.

Les autres relations n'ont pas de correspondance directe dans ASUR-IL. La relation de Représentation ASUR (en pointillés sur la Figure 1) qui sert à définir un lien entre un objet physique et un objet numérique, influe le contenu des Contrôleurs et des Vues, car elle exprime l'analogie ou non du comportement et de l'apparence entre les deux objets. Enfin, Contrôleurs et Vues sont aussi influencés par les relations ASUR entre adaptateurs et monde physique, qui ont pour caractéristiques : référentiel, dimension des données (1D, 2D, 3D, stéréoscopiques) et type de langage (statique/dynamique, langagier ou non, analogique ou non et arbitraire ou non).

CONCLUSION

Nous avons décrit la notation ASUR-IL, une extension implémentatoire d'ASUR ainsi que les étapes permettant de passer de l'une à l'autre. Cette notation regroupe, dans une vue globale du système à développer, des considérations techniques et logicielles inexistantes dans ASUR. Ces choix d'implémentation, effectués lors des transformations d'un modèle ASUR en diagramme ASUR-IL, sont partiellement guidés. Bien qu'encore incomplète, notre approche constitue un premier pas vers la prise en charge du processus complet de développement des systèmes mixtes.

Cette approche est actuellement mise en oeuvre pour l'implémentation de plusieurs techniques d'interaction mixte, et s'appuie sur la plateforme à composants WComp [13] : chaque composant ASUR-IL donne lieu au développement d'un composant WComp.

Plusieurs perspectives sont envisagées pour approfondir et compléter l'approche. Premièrement, les formes de communication méritent d'être étudiées plus en détail. Par ailleurs, un lien entre le Contrôleur ASUR-IL et la Vue ASUR-IL devra être envisagé : ce lien sera requis dans les cas où la superposition des référentiels spatiaux des mondes physique et numérique, tels que le pointage physique d'objets numériques, est nécessaire. Enfin, nous envisageons d'intégrer cette représentation dans GUIDE-ME afin de proposer un outil plus complet pour la conception des systèmes mixtes. Cette intégration facilitera ensuite la mise en place d'une liaison avec WComp : l'intérêt est d'exploiter une plateforme de composants logiciels qui vise explicitement le domaine de l'informatique portée et inclut donc des contraintes spécifiques aux systèmes mixtes. Ainsi, des modèles ASUR

seraient mis en relation avec des composants ASUR-IL eux-mêmes directement liés à des composants WComp incluant une facette logicielle et la description fonctionnelle du composant.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bauer, M., Bruegge, B., Klinker, G., MacWilliams, A., Reicher, T., Riss, S., Sandor, C., Wagner, M. Design of a Component-Based Augmented Reality Framework. *Actes de ISAR*, USA, 2001.
2. Chalon, D., David, B.T. IRVO : an Architectural Model for Collaborative Interaction in Mixed Reality Environments. *Actes du Workshop MIXER, IUI-CADUI*, Madère, 2004.
3. Dragicevic, P., Fekete, J.D. The Input Configurator Toolkit: Towards High Input Adaptability in Interactive Applications. *Actes de AVI*, Italie, 2004.
4. Dubois, E., Gray, P.D., Nigay, L., *ASUR++: a Design Notation for Mobile Mixed Systems*. Dans *Interacting With Computers* (15), 2003, p. 497-520.
5. Dubois, E., Mansoux, B., Bach, C., Scapin, D., Masseray, G., Viala, J. Un Modèle Préliminaire du domaine des Systèmes Mixtes. *Actes de IHM*, Belgique, 2004.
6. Dubois, E., Viala, J. GUIDE-ME : un outil interactif support à la conception des systèmes mixtes. *Actes de IHM*, Belgique, 2004.
7. Haller, M., Zauner, J., Hartmann, W., Luckeneder, T. A generic framework for a training application based on Mixed Reality. *Tech. report, Upper Austria University of Applied Sciences*, 2003.
8. Kato, H., Billinghurst, M. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System. *Actes du Workshop IWAR*, USA, 1999.
9. Krasner, G.E., Pope, T. *A cookbook for using the Model-View-Controller User Interface Paradigm in Smalltalk-80*. *Journal of Object Oriented Programming*, 08/1988, p. 26-49.
10. Shaer, O., Leland, N., Calvillo-Gamez, E.H., Jacob, R.J.K. The TAC Paradigm : specifying tangible user interfaces. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 8, Issue 5, Springer-Verlag, UK, 2004, p. 359-369.
11. Trevisan, D., Vanderdonck, J., Macq, B.M. Designing Interaction Space for Mixed Reality Systems. *Actes du Workshop MIXER, IUI-CADUI*, 2004.
12. Salber, D., Dey, A., Abowd, G. The Context Toolkit: Aiding the Development of Context-Enabled Applications. *Actes de CHI*, USA, 1999.
13. WComp - <http://rainbow.essi.fr/wcomp/web/>