

Action spécifique du CNRS

Humain virtuel : vers un humain synthétique temps-réel aussi vrai que nature

Co-animée par

Stéphane Donikian (IRISA/CNRS)

Jean-Pierre Jessel (IRIT)

Catherine Pelachaud (Université Paris 8)

Introduction

Représenter et animer en temps réel un être humain synthétique non discernable d'un humain réel lors de ses actions, notamment de communication avec un autre humain (virtuel ou réel), est un objectif que se sont fixés plusieurs chercheurs depuis maintenant plus de deux décennies. Ce challenge est encore loin de pouvoir être atteint aujourd'hui. La perception du mouvement biologique faisant appel à une partie spécifique de notre cerveau, nous sommes capables au premier coup d'œil de voir le moindre défaut d'un mouvement de synthèse. En animation par ordinateur non temps-réel, les meilleurs modèles restent encore ceux effectués à la main par des infographistes en utilisant des techniques d'animation par images clés. Cette action spécifique se propose de faire un état des lieux des différents travaux de recherche pouvant permettre d'amener une pierre à l'édifice de la construction d'un humain virtuel vraisemblable en temps-réel.

A l'étranger, des pionniers tels que le professeur Norman Badler de l'Université de Pennsylvanie ou encore les professeurs Daniel Thalmann à l'EPFL et Nadia Magnenat-Thalmann à l'Université de Genève ont défini l'humain virtuel comme thématique scientifique unique de leur équipe et y travaille depuis une vingtaine d'années. En France, dans la plupart des cas, chaque équipe de recherche s'attache à résoudre l'un de ces problèmes, en intégrant le minimum nécessaire des autres domaines pour tester et valider l'approche retenue.

Modéliser l'humain nécessite d'intégrer des travaux de recherches complémentaires tels que :

- modèles de corps humain (rigides, déformables, multicouches) ;
- recueil et adaptation de données morphologiques ;
- animation de vêtements ;
- rendu photo réaliste du corps humain ;
- modèles de mouvement humain (cinématique et dynamique, directe et inverse) ;
- analyse et traitement de mouvements capturés ;
- coordination, synchronisation et contrôle de mouvements ;
- modèles de comportement (réactif, cognitif, hybride) ;
- les niveaux d'autonomie et de contrôle ;
- modèle de rendu des expressions faciales et corporelles et coordination de la gestuelle avec la parole.

Les techniques de contrôles du mouvement classiquement utilisées sont :

- l'animation par images clés : spécification à la main par l'animateur de différentes postures au cours du mouvement et le programme calcule le mouvement du personnage entre ces images clés, par des techniques d'interpolation ;
- capture de mouvement et rejeu : utilisation de systèmes de capture du mouvement, qui permettent d'enregistrer la trajectoire de marqueurs posés sur une personne. Il est ensuite possible de reconstruire le mouvement global d'un humanoïde à l'aide de l'ensemble de ces données ;

L'avantage de la première approche est de laisser une complète liberté à l'animateur, par contre elle est très coûteuse en temps, et fortement dépendante des compétences de l'animateur. La seconde approche permet de réduire considérablement le temps dédié au contrôle du mouvement, car il suffit d'enregistrer les mouvements d'une personne, de les intégrer au sein d'un humanoïde comme une base de donnée de mouvement. Les limites de cette approche concernent la coordination de mouvements, le passage d'un mouvement à l'autre en cours de cycle et le fait de ne pas pouvoir effectuer des mouvements non enregistrés au préalable.

D'autres techniques plus coûteuses en temps de calcul ont été développées pour pallier ces manques. La cinématique inverse permet de définir la trajectoire de l'extrémité d'une chaîne articulée et les mouvements des autres articulations sont calculées de manière automatique par le programme. Le corps humain étant composé de plusieurs chaînes articulées, des extensions ont été proposées pour traiter plusieurs chaînes en même temps et prendre en plus en compte des contraintes physiques (butées articulaire, maintien de l'équilibre). Il reste cependant difficile avec cette technique de contrôler finement la trajectoire obtenue, car il existe en général une multitude de solutions possibles, voire dans certain cas aucune solution. Même en y intégrant quelques critères physiques, cette approche est cinématique et non dynamique, et il est ainsi difficile de contrôler le réalisme physique des mouvements obtenus.

D'autres approches, prenant en compte les caractéristiques physiques d'êtres humains ont été étudiées, notamment au sein des laboratoires de biomécanique. Il s'agit de prendre en compte en plus de la structure squelettique d'une personne sa musculature. La problématique concerne alors le contrôle de l'influx nerveux sur les différents muscles du corps afin de produire un mouvement donné. La complexité de la structure du corps humain et le manque de connaissances médicales sur certains mouvements, n'ont permis jusqu'à présent de traiter que des sous-ensembles et ce pour des coûts de calcul relativement plus importants que les méthodes précédentes.

La communication verbale nécessite l'animation et la synchronisation labiale, en coordination avec une synthèse vocale appropriée. L'articulation du comportement gestuel et verbal est au cœur des difficultés rencontrées pour l'obtention d'humanoïdes synthétiques réalistes. Le comportement non verbal (gestuel, expressions faciales, regard) est un vecteur essentiel de la communication (émotion, attitude, personnalité) et de l'interaction, et il est nécessaire de le synchroniser finement avec la parole afin d'accompagner celle-ci. La complexité des structures de données employées pour modéliser les personnages autour de structures articulées rend difficile leur contrôle par un animateur. L'animation d'un personnage virtuel nécessite le contrôle d'un grand nombre de paramètres au cours du temps. Le contrôle des personnages peut s'effectuer à différents niveaux de complexité complémentaires. Nous traiterons des modèles d'autonomie et de contrôle, ainsi que des passerelles qui existent avec les sciences cognitives et les modèles formels développés en intelligence artificielle (BDI par exemple).

L'objectif de cette actions spécifique était de faire l'état des lieux des techniques existantes, de leurs domaines de validité, et des avantages et inconvénients de chacun des modèles cités précédemment. Nous avons aussi étudié les architectures logicielles permettant d'intégrer les différentes briques, notamment les travaux en cours de normalisation sur l'humain virtuel.

Les porteurs du projet étaient :

- Stéphane Donikian, chargé de recherche au CNRS à l'IRISA (donikian@irisa.fr)
- Jean-Pierre Jessel ; Maître de conférences à l'IRIT (jessel@irit.fr)
- Catherine Pelachaud, Professeur à l'Université de Paris 8, LINC - membre du laboratoire Paragraphe (c.pelachaud@iut.univ-paris8.fr)

Sept équipes étaient membres du cœur et ont reçu un soutien direct pour participer à cette action :

- GRAVIR (UMR 5527), projet EVASION, Grenoble
- IRISA (UMR 6074), projet SIAMES, Rennes
- IRIT (UMR 5505), Equipe Synthèse d'Image et Réalité Virtuelle, Toulouse
- LERI (EA 2618) : équipe IMAD (Imagerie Multidimensionnelle et Aide à la Décision), Université de Reims Champagne-Ardennes ;
- LIRIS (FRE 2672), Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information, Lyon
- LPBEM (Equipe d'Accueil 1274) : Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique de l'Exercice Musculaire, de l'Université de Rennes 2 ;
- Laboratoire Paragraphe, Université de Paris 8

D'autre part, les porteur du projet ont reçu des moyens qui ont permis de financer les déplacements de personnes, effectuant leurs recherches dans d'autres équipes, pour les différentes réunions de l'action spécifique.

A l'occasion de la première réunion de l'AS qui s'est tenue le 9 octobre 2003 à l'Ecole des Mines de Paris, nous sommes arrivés à une décomposition en six thèmes, un transversal et cinq complémentaires.

- **Thème transversal commun à toutes les équipes participantes** : dresser un état des lieux des systèmes, logiciels, matériels et données disponibles et utilisables par les membres de la communauté.
- **Thème 1** : Modèles de corps humains : géométrie, squelette, mécanique, dynamique
Animateur : S. Akkouche (LIRIS)
Equipes participantes : EVASION, LERI (D. Gillard), LIRIS (S. Akkouche), LPBEM (F. Multon), LPPA.
- **Thème 2** : Mouvement et contrôle de mouvement : cinétique directe et inverse, dynamique, capture de mouvement, biomécanique ; modèles de contrôle associés
Animateurs : J.P. Jessel (IRIT) et F. Multon (LPBEM)
Equipes participantes : ENSMP (B. Stanciulescu), IRISA (G. Dumont), IRIT (J.P. Jessel), LAAS (J.P. Laumond), LERI (D. Gillard), LIL (S. Delepoulle), LPBEM (F. Multon), MIRAGE (P. Gérard), VALORIA (S. Gibet), LPPA, CyberMove
- **Thème 3** : Rendu photo réaliste
Animateur : C. Renaud (LIL)
Equipes participantes : ARTIS, IRIT (M. Paulin), LIL (C. Renaud)
- **Thème 4** : Agents conversationnels : expression (face et corps), communication verbale et non-verbale
Animateur : C. Pelachaud (LINC)
Equipes participantes : FT R&D (D. Pelé & G. Breton), LIMSI (A. Braffort), VALORIA (S. Gibet), LINC (C. Pelachaud), EVASION (L. Reveret), LIMSI (J.C. Martin)
- **Thème 5** : Comportements humains individuels et collectifs
Animateur : S. Donikian (IRISA)
Equipes participantes : AFPA (D. Mellet d'Huart), ENSMP (D. Lourdeaux), IRISA (S. Donikian), IRIT (J.P. Jessel), L2I-ENIB (F. Julliard), LEI (J.M. Burkhardt), Paris 8 / Ergo (V. Folcher & P. Rabardel), LIL (S. Delepoulle)

A l'issue de cette première journée les personnes étant réparties dans les différents thèmes, ceux-ci ont fonctionné de façon autonome et ont établi un calendrier et une façon de travailler (réunions de travail, rédaction séquentielle par itérations successives).

Nous avons ensuite effectué des réunions plénières où les documents effectuant la synthèse de chaque thème ont été présentés et amendés, conduisant à la production des cinq documents ci-joint.

Concernant le thème transversal, une enquête a été effectuée fin 2004 auprès des différents laboratoires de la communauté française d'informatique graphique afin de dresser un panorama des développements propres disponibles et utilisables, ainsi que des logiciels commerciaux utilisés. Un bilan de cette enquête est aussi fourni en annexe.