

IDH

Interactive Digital Humans

Effectifs

au 30/06/2013 :

- 4 permanents (2,25 ETP)
- 11 doctorants (11 ETP)
- 3 autres personnels (3 ETP)

Nombre de thèses soutenues
entre le 01/01/2008
et le 30/06/2013 : 7

Responsables :

Abderrahmane Kheddar

Page Internet de l'équipe :

[http://www.lirmm.fr/
recherche/equipes/idh](http://www.lirmm.fr/recherche/equipes/idh)

ROBOTIQUE HUMANOÏDE, INTERACTIONS HOMME-ROBOT, COGNITION DE L'INTERACTION HAPTIQUE HOMME-ROBOTS ET ROBOTS-ENVIRONNEMENT, COMMANDE PAR LA PENSEE ET LES SIGNAUX PHYSIOLOGIQUES, HUMAIN VIRTUEL

Présentation

L'équipe IDH a démarré ses activités en 2010. Elle réalise des recherches principalement autour de l'humanoïde, matérialisation robotique ou numérisation virtuelle de l'homme. Sur le plan national et international, IDH se distingue par l'intérêt particulier qu'elle porte aux tâches nécessitant une interaction homme-robot mettant en œuvre des processus cognitifs ou sensoriels dans le contrôle. Ces activités intègrent l'interprétation de données physiologiques de l'homme (EMG, EEG, BCI, etc.), de son mouvement mais aussi du sens haptique, i.e. le toucher. IDH porte également une attention particulière à la planification multi-contact exploitant le contact physique avec l'environnement comme source de commande ainsi que, récemment, le contrôle visio-haptique pour des interactions avancées.

Sur le plan organisationnel, l'équipe IDH collabore très étroitement avec le JRL (UMI 3218), Japon, sur des thèmes liés la robotique humanoïde. Cette collaboration lui a permis, entre autres, de faire des manipulations en attendant d'acquérir sa plateforme (HRP-4) en 2013. Dans le cadre d'un nombre significatif de projets de recherche, IDH collabore avec les meilleures équipes européennes et nationales dans le domaine. IDH a acquis (ou est sur le point d'acquérir) des plateformes robotiques de pointe (2 bras KuKa, un humanoïde HRP-4, mains dextres Shadow, etc.)

Evolution de l'équipe

Depuis sa création, IDH a été pensé comme une équipe de taille relativement moyenne. Les recrutements récents d'un MdC (Andrea Cherubini) avec un profil « vision » et d'un IR en CLD (François Keith) sont venus porter le nombre de chercheurs à cinq. Le recrutement d'A. Cherubini s'est fait dans le but d'adjoindre la modalité visuelle à l'haptique et ouvre ainsi des perspectives de recherche et développement plus intéressantes. F. Keith vient consolider et pérenniser les développements logiciels entre IDH et le JRL, le LAAS, et l'INRIA.

Organisation et Vie de l'équipe

L'équipe se réunit à chaque fois que nécessaire pour échanger des informations ; en moyenne quatre fois par an. Nous pensons accroître la fréquence des réunions dans les années qui viennent du fait que nous disposons de plateformes robotiques et de plus de doctorants. Les échanges d'étudiants avec le JRL notamment et d'autres institutions européennes sont encouragés et très fréquents. L'équipement robotique humanoïde se trouve dans une salle dédiée pour faciliter la maintenance et l'accès à tous les membres du laboratoire. Nous avons mis en place une politique de publication visant à avoir une revue de rang A par an et par personnel permanent, comptabilisant du plus jeune au responsable d'équipe pour les cas de co-auteurs. A. Crosnier fait partie de l'équipe de direction du LIRMM, ce qui facilite l'interaction avec l'administration pour les échanges avec le JRL. Les membres de l'équipe participent également aux groupements nationaux en robotique ou humanoïde (Ph. Fraisse), deux comités techniques internationaux dans le cadre IEEE/RAS (A. Kheddar), et plusieurs autres comités institutionnels.



Activités scientifiques

L'activité scientifique de l'équipe IDH est organisée selon trois grands thèmes :

- la co-manipulation et la collaboration homme-robot ;
- la commande et l'interaction homme-robot moyennant les signaux physiologiques ;
- la planification et le contrôle en multi-contact.

Des développements transverses (par exemple : architecture logicielle, simulateur interactif AMELIF, commande bas niveau référencée capteur/tâche, planification de trajectoire et optimisation, capture de mouvements) viennent en support des thèmes majeurs.

Collaboration Homme-Robot

L'objectif de cet axe de recherche est de doter des robots de capacités de planification et de contrôle cognitives évoluées pour réaliser des tâches en interaction/collaboration haptique, i.e. qui nécessitent une interaction physique directe ou indirecte (via un objet) entre le couple partenaire (homme-robot). Le défi scientifique réside dans la capacité du robot à anticiper sur les actions de l'opérateur humain et comprendre ses intentions. Il s'agit de concevoir des comportements proactifs afin que les performances robotiques dans la réalisation des tâches soient optimales. On accorde au robot la possibilité de prendre des initiatives et de se comporter en « leader » si cela s'avère nécessaire.

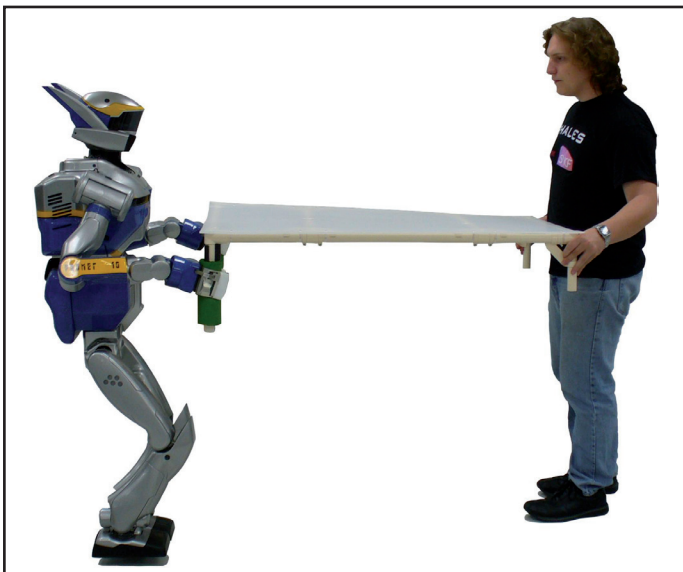


Figure 1 - Collaboration haptique homme-humanoïde dans une tâche de transport d'un panneau.

La Figure 1 illustre la tâche de transport en commun d'un panneau entre un humain et un humanoïde : la tâche nécessite la coordination de la marche et l'interprétation des directions, vitesse et hauteur de la marche tout en maintenant l'équilibre quelles que soient les actions de l'opérateur. Le robot devra aussi exploiter le fait que son partenaire peut être à la fois une source de perturbation mais aussi un support de maintien d'équilibre. Dans l'équipe IDH l'approche adoptée consiste à observer des partenaires humains (capture de mouvements et de forces d'interaction) afin de déduire des modèles de planification et de commande. Ceci nous a permis dans

l'exemple de la Figure 1 d'extraire des primitives de mouvements et des règles de comportements à partir de source de l'observation d'humains réalisant la même tâche [BKiros12]. Dans une étude récente, nous avons proposé l'usage automatique de séquence de « mécanismes virtuels » dans des tâches de co-manipulation, le choix de la séquence étant le résultat de l'interprétation des intentions du partenaire humain (issue de l'observation) [DGiros12]. Nous avons expérimenté avec succès nos algorithmes sur des systèmes robotiques divers : bras à base fixe, deux bras articulés dextres et un humanoïde HRP-2. Les développements se poursuivent par l'intégration de la vision RGBD aux schémas actuels (à base de capteurs d'effort) et à la réalisation de scénarios plus complexes. Ces recherches se font essentiellement dans le cadre des projets ANR ICARO et l'IP FP7 RoboHow.Cog.

Commande et Interaction homme-robots moyennant des signaux physiologiques

Les avancées récentes en monitoring de données physiologiques dans le domaine de la télémédecine, la supervision de sportifs... moyennant des dispositifs de plus en plus miniaturisés et communiquant via WiFi ou téléphone portable, annoncent un usage de plus en plus populaire de ces technologies. On s'est donc dirigé vers l'usage de ces technologies pour l'enrichissement des tâches d'interactions homme-robot. L'objectif scientifique de ce thème est de développer des outils de commande et d'interaction avec le robot exploitant d'une part les signaux physiologiques de l'homme et d'autre part la mesure et l'analyse de son mouvement.

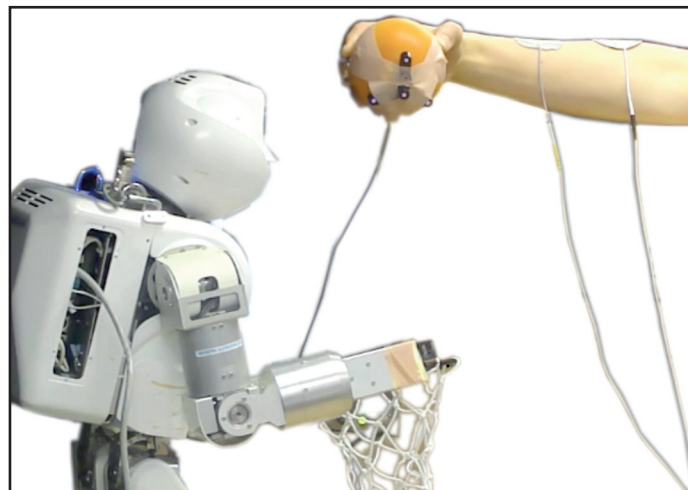


Figure 2 - Illustration d'une collaboration homme-robot active où le robot humanoïde HOAP-3 « actionne » le bras de l'opérateur par stimulation musculaire (FES) de manière à le guider vers une tâche collaborative (collaboration avec l'équipe INRIA/DEMAR).

Nous illustrons ce thème par deux démonstrateurs réalisés par l'équipe. La Figure 2 illustre la possibilité donnée au robot de contrôler (actionner) le bras d'un opérateur humain afin de le guider dans des tâches collaboratives : à la différence de toutes approches connues, le robot peut agir sur l'opérateur (stimulation musculaire du bras) et assister son mouvement afin que la tâche soit accomplie [ABiros11]. L'opérateur peut aussi agir sur le robot moyennant des interfaces de téléopération. Les résultats de cette étude ont été relevés par plusieurs

média spécialisés (e.g. IEEE Spectrum).

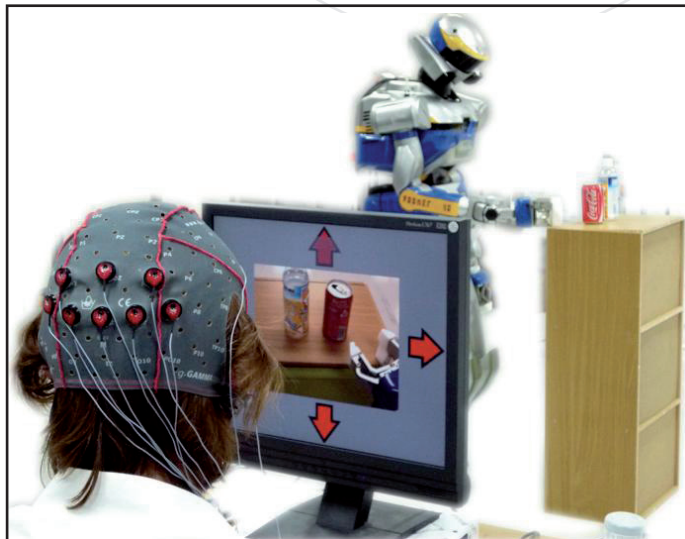


Figure 3 : Contrôle d'un humanoïde par la pensée : l'opérateur porte un casque EEG qui classe les objets sur lesquels porte l'attention de l'opérateur, et l'affordance associée dicte la tâche à réaliser en autonome.

La Figure 3 illustre la commande corps complet d'un humanoïde moyennant les interfaces cerveau-ordinateur. Les activités cérébrales de l'opérateur sont acquises (EEG, IRM), puis classifiées, suite à une stimulation directe ou induite par la seule force de la pensée à l'action qui doit être faite. Le principe d'affordance permet d'associer des tâches aux objets sur lesquels se porte l'attention de l'opérateur ; ce qui permet au robot de les réaliser en autonome. Le but recherché est d'arriver à « l'embodiment » ou l'appropriation par l'opérateur d'un corps autre que le sien ce qui va bien au delà des frontières connues de la téléprésence [GKiser12]. Cette recherche est portée par le projet FP7 VERE, les démonstrateurs ont donné lieu à une large dissémination dans les médias.

Planification et contrôle en multi-contact

Se mouvoir, manipuler des objets ou faire les deux peut se résumer à créer, rompre ou maintenir des contacts. On marche on alternant les contacts entre les pieds et le sol ; on manipule les objets en créant, maintenant et



alternant les contacts entre les mains et l'objet manipulé. On maintient son équilibre en prenant des appuis avec l'environnement. La reprise d'une perte d'équilibre revient à repositionner un contact, etc. IDH, en collaboration avec le JRL, a développé des outils de planification et de commande qui permettent de résoudre des problèmes de planification de mouvements non cycliques unifiés (i.e. sans distinguer la locomotion de la manipulation) ainsi que du type d'agent de la scène. Cette technique a été appliquée avec succès à des cas de scénarios complexes et est maintenant utilisée pour résoudre les tâches définies par le challenge DARPA. La figure ci-contre illustre la

planification automatique de la montée d'une échelle [BVichr12].

La transition entre les contacts peut se planifier par la résolution d'un problème semi-infini non-linéaire où les appuis futurs sont pris en compte dans la génération du mouvement dynamique multi-contact [LVijrr13]. Nous travaillons aussi sur des approches locales, commande en QP (Quadratic Programming) couplée à une commande prédictive du centre de masse. Les travaux futurs portent sur la planification d'appuis sur nuages de points acquis en ligne par la vision embarquée du robot et sur le parallélisme des calculs en GPU de la planification corps complet.

Le bilan scientifique de l'équipe IDH est en nette progression et les objectifs affichés par le projet lors de sa création sont largement atteints : 25 publications dans des revues scientifiques de haut rang et plus de 82 publications dans les conférences majeures de robotique. Participation à Robotex, à plusieurs projets européens et nationaux. La dissémination dans les médias spécialisés et grand public est importante ; celle-ci est amenée à croître dans les années à venir à la lecture des résultats des projets en cours. Enfin, les membres IDH participent activement à des activités éditoriales internationales majeures.

Faits marquants

- Commande d'humanoïdes par la pensée en classifiant les activités cérébrales au moyen de l'IRM fonctionnelle (première mondiale) ou l'EEG ; large dissémination dans la presse écrite (scientifique, e.g. IEEE Spectrum et grand public) et audio-visuelle.
- IEEE Spectrum a publié un article sur les travaux de contrôle actif par un robot d'un bras humain en FES pour des tâches collaboratives, large dissémination dans la presse écrite et audio-visuelle (collaboration avec l'équipe INRIA/DEMAR).

Collaborations externes

- CNRS-AIST Joint Robotics Laboratory (JRL), UMI 3218/CRT, Tsukuba, Japan. Echanges fréquents des étudiants IDH au JRL, usage de HRP-2.
- Dans le cadre des projets Européens en cours, IDH collabore avec pas moins de 19 institutions académiques européennes de premier rang, par exemple, l'université de Munich (cluster d'excellence CoteSys), l'EPFL, KTH, FORTH, Université Catholique de Leuven, etc.
- Collaboration avec l'Université de Mié au Japon (Professeur Yano du département mécatronique), stagiaires en M2 et doctorant en commun N. Mizutani.
- University of Dayton, Pr. A. Murray (co-encadrement de la thèse de S. Cotton, 2010).

-
- University of Rome, Foro Italico, Pr. Cappozzo, Echange d'étudiants sur l'analyse du mouvement humain et la robotique humanoïde.

Publications majeures

- S. Lengagne, J. Vaillant, E. Yoshida, A. Kheddar, « Generation of whole-body optimal dynamic multi-contact motions », International Journal of Robotics Research, Special Issue on "Motion Planning for Physical Robots Interaction", online first, April 2013.
 - V. Bonnet, C. Mazza, P. Fraise, and A. Cappozzo. « A least-squares identification algorithm for estimating squat exercise mechanics using a single inertial measurement unit ». Journal of Biomechanics, 45(8):1472-1477, 2012.
 - S. Lengagne, N. Ramdani, and Ph. Fraise. «Planning and Fast Replanning Safe Motions for Humanoid Robot». IEEE Transactions on Robotics, Vol. 27, No 6, pp. 1095-1106, Décembre 2011.
 - A. Escande and A. Kheddar. « Multi-contact Acyclic Motion Planning and Experiments on HRP-2 Humanoid Robots, In Motion Planning for Humanoid Robots, K. Harada, E. Yoshida and K. Yokoi Eds, ISBN 978-1-84996-219-3, pp. 161-179, 2010.
 - S. Cotton, A. P. Murray, and P. Fraise. « Estimation of the Center of Mass: From Humanoid Robots to Human Beings ». IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 14(6), pp. 707-712, Décembre 2009.
-