

Journées nationales de la robotique humanoïde 2011

organisées au LAAS-CNRS

les
31 mars et 1er avril

<http://conf.laas.fr/JNRH2011>

Programme

Jeudi 31 mars

9h00-9h30 Accueil – café

10h00-12h00 Session 1

1. Contribution à la définition d'une stratégie de commande de manipulation interactive entre un homme et un robot humanoïde – B. Adorno
2. Effet du regard dans une tâche coopérative Homme-Homme et Homme-Robot – J.-D. Boucher
3. Interaction Homme/Robot : Comment, par des technologies nouvelles, « entrer en contact » avec un humanoïde ancien ? - R. Baddoura
4. Commande de robot humanoïde à partir d'interfaces cerveau-ordinateur – P. Gergondet

12h00-12h45 Session 2

Axes de recherche sur les plateformes humanoïdes d'Aldebaran Robotics – R. Gélin

12h45-14h00 Repas

14h00-16h00 Session 3

1. Estimation de variables cinématiques et dynamiques à partir de données issues d'une seule centrale inertielle au centre de masse. Application à une tâche de squat chez l'humain. - V. Bonnet
2. Amélioration de la coordination des segments corporels valides et déficients pour l'assistance au transfert de sujets paraplégiques sous SEF – J. Jovic
3. Une mémoire pour l'action – D. Brouillet
4. Gestion de l'incertitude dans le monde réel avec un modèle d'apprentissage par renforcement neuro-inspiré – M. Khamassi

16h00-16h30 Pause café

16h30-18h00 Session 4

1. Comparaison de différentes solutions pour l'articulation du genou d'un robot bipède – A. Hamon
2. Stratégies pour améliorer l'efficacité énergétique d'un robot bipède plan – A. Haq
3. Mouvement du système bras-main d'un robot humanoïde : Imitation du geste naturel avec prise en compte de l'effet « tenodèse ». - K. Nguyen

20h00 Banquet

Vendredi 1er avril

8h30-9h00 Accueil – café

9h00-10h30 Session 5

1. Réalisation de tâches complexes avec locomotion sur un robot humanoïde - D. Dang
2. Optimisation numérique de trajectoire de marche sans collision pour un robot humanoïde – T. Moulard
3. R-Blink : Génération très rapide de mouvements corps complet pour les robots humanoïdes – O. Stasse

11h30-11h00 Pause café

11h00-12h30 Session 6

1. Génération dynamique de mouvement corps-complet par optimisation de tâches hiérarchisées unilatérales et bilatérales - L. Saab
2. Commande prédictive et contrôle de l'équilibre, état de l'art – P.-B. Wieber
3. Vers une plateforme d'interaction Homme/Robot générique : apprentissage de perception et d'exécution d'actions en contexte de plan partagés – S. Lallée

12h30-14h00 Repas

14h00-16h30 Session 7

1. Manipulation fine à l'aide des synergies posturales de la main - D. Flavigné
2. Génération de mouvements dynamiques optimaux multi-contacts - S. Lengagne
3. Génération de séquences de configurations de saisie pour la manipulation dextre robotique - U. Prieur
4. Une approche temps-réel de l'apprentissage d'objets par saillance visuelle en robotique humanoïde – D. Ramik
5. Génération de mouvements cohérents pour le robot ICUB : une approche à base de tâches – J. Salini

16h30 – 17h30 Visite robotique LAAS

Liste des intervenants et résumés des interventions

Intervenants:

Nom	Titre	Laboratoire – équipe
Adorno B.	Contribution à la définition d'une stratégie de commande de manipulation interactive entre un homme et un robot humanoïde	LIRMM
Baddoura R.	Interaction Homme/Robot : Comment, par des technologies nouvelles, « entrer en contact » avec un humanoïde ancien ?	CRISES, Univ. Montpellier
Bonnet V.	Estimation de variables cinématiques et dynamiques à partir de données issues d'une seule centrale inertielle au CoM. Application à une tâche de squat chez l'humain.	LABLAB, Univ. de Rome
Boucher J.-D.	Effet du regard dans une tâche coopérative Homme-Homme et Homme-Robot	Integrative Neuroscience and Robotics Group Univ. Lyon
Brouillet D.	Une mémoire pour l'action	Epsilon, Univ. Montpellier
Dang D.	Réalisation de tâches complexes avec locomotion sur un robot humanoïde	LAAS-CNRS
Flavigné D.	Manipulation fine à l'aide des synergies posturales de la main	UPMC - ISIR
Gélin R.	Axes de recherche sur les plateformes humanoïdes d'Aldebaran Robotics	Aldebaran Robotics
Gergondet P.	Commande de robot humanoïde à partir d'interfaces cerveau-ordinateur	JRL - CNRS/AIST
Hamon A.	Comparaison de différentes solutions pour l'articulation du genou d'un robot bipède	IRCCyN, LCFC
Haq A.	Stratégies pour améliorer l'efficacité énergétique d'un robot bipède plan	IRCCyN
Jovic J.	Amélioration de la coordination des segments corporels valides et déficients pour l'assistance au transfert de sujets paraplégiques sous SEF	LIRMM
Khamassi M.	Gestion de l'incertitude dans le monde réel avec un modèle d'apprentissage par renforcement neuro-inspiré	Stem Cell and Brain Research Institute, Lyon

Lallée S.	Vers une plateforme d'interaction Homme/Robot générique : apprentissage de perception et d'exécution d'actions en contexte de plan partagés sur l'iCub et Bert2.	Stem Cell and Brain Research Institute, Lyon
Lengagne S.	Génération de mouvements dynamiques optimaux multi-contacts	JRL - CNRS/AIST
Moulard T.	Optimisation numérique de trajectoire de marche sans collision pour un robot humanoïde	LAAS - CNRS
Nguyen K.	Mouvement du système bras-main d'un robot humanoïde : Imitation du geste naturel avec prise en compte de l'effet « tenodèse ».	UPMC - ISIR
Prieur U.	Génération de séquences de configurations de saisie pour la manipulation dextre robotique	UPMC - ISIR
Ramik D.	Une approche temps-réel de l'apprentissage d'objets par saillance visuelle en robotique humanoïde	LISSI, Paris Est
Saab L.	Génération dynamique de mouvement corps-complet par optimisation de tâches hiérarchisées unilatérales et bilatérales	LAAS-CNRS
Salini J.	Génération de mouvements cohérents pour le robot ICUB : une approche à base de tâches	UPMC - ISIR
Stasse O.	R-Blink : Génération très rapide de mouvements corps complet pour les robots humanoïdes.	JRL - CNRS/AIST
Wieber P.-B.	Commande prédictive et contrôle de l'équilibre, état de l'art	INRIA-Bipop

Contribution à la définition d'une stratégie de commande de manipulation interactive entre un homme et un robot humanoïde

B. V. Adorno, A. P. L. Bó, P. Fraise and P. Poignet
LIRMM

Nous proposons de présenter une nouvelle approche de manipulation interactive entre un humain et un robot humanoïde. L'interaction est représentée au moyen de la description des positions relatives entre le robot et l'humain. Basé sur ce principe en incluant un ensemble d'outils mathématique de description géométrique, nous pouvons représenter un ensemble important de tâches intuitives. Nous présentons également le concept de prise simultanée utilisant des mouvements symétriques (miroir) dans lesquels l'humain contrôle le robot et interagit simultanément avec lui au travers de l'objet manipulé. Des résultats expérimentaux sont réalisés pour montrer la validité de cette méthode.

Interaction Homme/Robot : Comment, par des technologies nouvelles, « entrer en contact » avec un humanoïde ancien ?

R. Baddoura

C.R.I.S.E.S, ED 58, Université Montpellier 3

Ce travail porte sur l'interaction homme/robot (IHR) à travers des notions telles que autonomie & dépendance, imaginaire & réalité, désir & angoisse. Une première phase de la réflexion a concerné l'intérêt et l'enthousiasme de l'homme pour les robots humanoïdes (en créer, en acquérir, les usages qui en sont faits notamment en médecine, art, politique). L'avènement de la robotique se situe au cœur du positionnement humain face à la vie et la mort. Dans cette perspective, une généalogie homme/robot est susceptible d'être retracée à travers deux types de filiations: mythologique (mythes polythéistes et monothéistes) et psychologique (fonctionnements psychoaffectifs et cognitifs adaptés ou pathologiques). Cette reconstruction généalogique, illustrée par des exemples puisés dans la littérature de science-fiction, l'art, la paléoanthropologie, permet de dégager le caractère ancestral des philosophies, recherches et technologies dites « nouvelles ». La figure du robot a longtemps existé en l'homme avant qu'il ne la reconstitue au dehors. Dans la perspective de construire des robots socialement mieux adaptés, aptes à interagir de manière plus intelligente et plus agréable avec l'humain, la phase nouvelle de la recherche aborde la dimension émotionnelle de l'IHR. Elle étudie les modes « d'entrer en contact » à travers le salut, exprimé par le mouvement du bras avec la possibilité (réciproque ou pas) de contact par le toucher. Il s'agira, à côté de l'analyse théorique, d'étudier les paramètres mouvement/toucher/émotion en vue d'identifier les émotions véhiculées par des « styles de premier contact » donnés. Idéalement, par la collaboration avec des roboticiens², les résultats qui seront obtenus serviraient au développement d'algorithmes traduisant l'information émotionnelle portée par ces premiers échanges non verbaux entre homme/robot en vue d'une interaction plus familière et sécurisée.

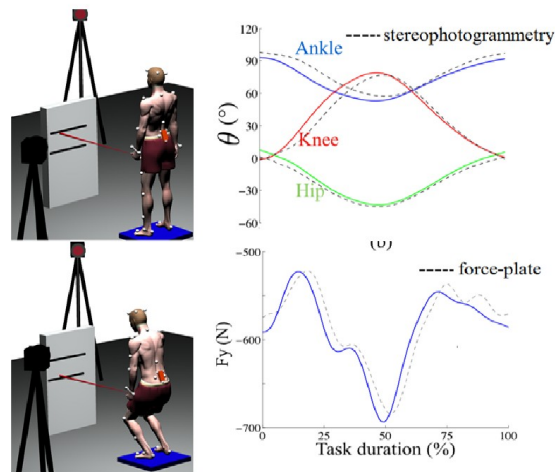
Estimation de variables cinématiques et dynamiques à partir de données issues d'une seule centrale inertielle au centre de masse. Application à une tâche de squat chez l'humain.

Vincent Bonnet, Claudia Mazzà (1), Philippe Fraisse (2) et Aurelio Cappozzo (1)

(1) LABLAB, Univ. of Rome "Foro Italico", Italy

(2) LIRMM, Univ. of Montpellier 2, France

L'utilisation d'un processus d'optimisation dynamique comme un outil pour l'estimation des variables cinématiques et dynamiques à partir des données d'une seule centrale inertielle, positionnée proche du centre de masse a été analysée. Le système postural est modélisé par une chaîne série à 3 degrés de liberté et les solutions articulaires sont décrites à l'aide de séries de Fourier. Notre approche a été validée expérimentalement chez l'humain pour une tâche de squat dans le plan sagittal (figure 1 (a)). Cette tâche de squat libre n'utilisant qu'une seule centrale inertielle comme capteur et un simple laser pour contrôler l'exécution du mouvement est intéressante dans la perspective du développement d'un futur protocole de rééducation. Nous proposons de minimiser non pas l'erreur quadratique entre les accélérations mesurées et estimées mais un critère biomécanique : la somme des couples articulaires et de leurs dérivées. Les contraintes du processus d'optimisation sont relatives à la tâche, i.e. maintien de l'équilibre dynamique, butées articulaires et déplacement vertical de la tête, mais aussi le suivi de l'accélération du centre de masse mesurée. Le suivi de l'accélération du centre de masse permet d'obtenir de facto une bonne image des forces de réaction du sol, à l'inverse de la seule position du centre de masse. Les résultats montrent une bonne estimation des trajectoires articulaires et des forces de réaction du sol (figure 1.b)).



Effet du regard dans une tâche coopérative Homme-Homme et Homme-Robot

Jean-David Boucher (1), Amélie Lelong (2), Gérard Bailly (1), Perter Ford Dominey (1), Frédéric Elisei (2), Sascha Fagel (2), Jocelyne Ventre-Dominey (1)

(1) Integrative Neuroscience & Robotics Group, SBRI INSERM U846, Université Lyon1

(2) GIPSA-Lab, INP Grenoble

Dans un contexte écologique, les interactions humaines reposent sur une grande variété d'indices perceptuels. À l'heure où les robots humanoïdes deviennent de plus en plus raffinés dans leurs capacités sensorimotrices, ils devraient donc être capables de manipuler et d'exploiter ces indices sociaux dans une collaboration avec leurs partenaires humains. Dans cette recherche, nous avons réalisé une expérience de coopération humain-humain afin d'identifier les indices liés au regard dans une interaction homme-homme. L'observation principale est que les performances d'un agent dans une tâche coopérative peuvent considérablement augmenter quand il perçoit le regard de son/sa partenaire. Nous avons ensuite formalisé et implémenté dans un humanoïde cette capacité à générer des signaux liés au regard. Le robot était alors engagé dans la même interaction coopérative précédemment développée. Les expériences homme-machine ont validé l'hypothèse selon laquelle un agent humain exploite l'information prédictive du regard de son partenaire humanoïde dans une tâche coopérative. Les objectifs à long terme de ce travail sont d'identifier les indices de la coopération sociale, et de valider la pertinence de leur prise en compte dans un robot coopératif. À l'avenir, cela nous permettrait de rendre les robots humanoïdes plus humains dans leur capacité à communiquer. La première phase de cette recherche, décrit ici, est de fournir au robot une capacité générative – c'est-à-dire à produire un discours et des indices liés au regard appropriés dans le contexte des tâches de coopération homme-robot. Nous démontrons la pertinence de ces indices via des mesures statistiques des temps d'action du sujet dans le cadre d'une tâche coopérative. En effet, la diminution du temps de réponse du sujet nous renseigne sur l'aspect facilitateur significatif du regard.

Une mémoire pour l'action

Denis Brouillet

Laboratoire Epsilon – Université de Montpellier

La majorité des travaux sur la mémoire humaine se sont intéressés à la mémoire verbale et très peu à la mémoire des actions. Cependant depuis le début des années 80 Engelkamp et Krumnacker (1980) ou Cohen (1981) sont à l'origine d'un nouveau paradigme appelé "enactment paradigm" qui a permis de montrer que la mémoire des actions exécutées était supérieure à la mémoire verbale de ces actions.

Pour heuristiques qu'ils soient ces travaux se focalisent sur la mémoire des actions exprimées par des phrases représentant une injonction (e.g., ferme la fenêtre). Or, dans la vie de tous les jours nous effectuons une multitude d'actions sans que nous n'en ayons une pleine conscience. Qu'en est-il de la mémoire de ces actions ? En nous inspirant de la théorie de la cognition incarnée (Barsalou, 2008) qui avance que ce sont les interactions entre les systèmes sensori-moteurs et l'environnement qui sous tendent la cognition, nous proposons, dans la lignée de Glenberg (1997) que la fonction première de la mémoire humaine n'est pas de récupérer le passé mais de coordonner perception et action en vue de notre adaptation. Nous essaierons de montrer que c'est certainement la capacité du cerveau humain à simuler les actions qui permet cette coordination.

Réalisation de tâches complexes avec locomotion sur un robot humanoïde

Duong Dang

LAAS-CNRS - Toulouse

Le travail porte d'une part sur la marche réactive et d'autre part sur le contrôle d'une pile de tâches sur un robot humanoïde. Des corrections provenant de la perception sont données au planificateur pour modifier en ligne les empreintes du robot. Sur la partie contrôle, un critère est proposé pour le déclenchement des tâches dans la pile pour obtenir un mouvement naturel. L'ensemble de travaux est démontré sur le robot humanoïde HRP-2 dans un scénario où le robot planifie, effectue et corrige ses pas en ligne avant de saisir une balle au niveau du sol, le tout en boucle fermée avec la vision.

Manipulation fine à l'aide des synergies posturales de la main

David Flavigné, Véronique Perdereau
UPMC Univ. Paris 06, UMR 7222 , ISIR

Introduction

Ce travail se place dans le cadre de la manipulation fine d'un objet avec une main anthropomorphe. Il est effectué dans le cadre du projet européen FP7 HANDLE. Le but ici est de réaliser un déplacement de l'objet dans la main à partir d'une prise initiale donnée et d'une séquence de classes de saisie pour l'exécution d'une tâche donnée. Les travaux récents se basent sur des techniques de planification probabilistes [Saut et al. 2007][Xu et al. 2010] pour faire face à la complexité de la manipulation, mais les modèles des mains restent simplifiés.

Méthode

En nous appuyant sur des travaux du domaine des neurosciences portant sur les synergies posturales de la main humaine [Santello et al. 1998], nous utilisons la notion de matrices de synergie pour permettre la génération de mouvements de manipulation fine. La prise initiale et la séquence de classes de saisie à exécuter pour accomplir la tâche voulue sont des données d'entrée générées à partir de travaux effectués actuellement dans notre équipe. Les différentes classes de saisie utilisées sont inspirées de [Feix et al. 2009]. Le choix de la prise initiale se fait en utilisant des matrices de synergies spécifiques à la saisie. Le choix de la séquence de classes de saisie optimale se fait à partir d'un apprentissage sur des sujets humains en choisissant la séquence la plus probable. Le mouvement de manipulation fine est décomposé en primitives de mouvement plus simples mettant en jeu les différentes synergies utilisées entre les doigts en contact pour manipuler l'objet, principalement pour des rotations. Ces primitives se composent des mouvements des doigts nécessaires pour effectuer des mouvements de roulis, tangage et lacet de l'objet. Elles nous permettent de définir une matrice de synergie spécifique à la manipulation fine avec 4 doigts.

Simulations

Ces primitives sont illustrées par des exemples de simulations sur une main anthropomorphe et des mesures effectuées sur un sujet humain à l'aide d'un Cyberglove. Les simulations ont été limitées à une prise à 4 doigts avec contact ponctuel et permanent (pas de changement de contact des doigts). Les données obtenues montrent que 70% des informations sur les postures peuvent être représentées en utilisant seulement 4 composantes principales.

Références

- [Santello et al. 1998] M. Santello, M. Flanders, and J. F. Soechting, "Postural hand synergies for tool use," *J. Neurosci.*, vol. 18, no. 23, pp. 10 105–10 115, Dec. 1998. [Online]. Available: <http://www.jneurosci.org/cgi/content/abstract/18/23/10105>
- [Saut et al. 2007] J.-P. Saut, A. Sahbani, S. El-Khoury, and V. Perdereau, "Dexterous manipulation planning using probabilistic roadmaps in continuous grasp subspaces," in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2007, pp. 2907–2912.
- [Feix et al. 2009] T. Feix, and O. Bock., "The generation of a comprehensive grasp taxonomy", online at <http://web.student.tuwien.ac.at/~e0227312/>, 2009.
- [Xu et al. 2010] J. Xu, T.-K. Koo, and Z. Li, "Sampling-based finger gaits planning for multifingered robotic hand," *Autonomous Robots*, vol. 28, pp. 385–402, 2010, 10.1007/s10514-009-9164-5. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s10514-009-9164-5>

Commande de robot humanoïde à partir d'interfaces cerveau-ordinateur

Gergondet P., Druon S., Kheddar A.

CNRS-UM2 LIRMM, France, CNRS-AIST JRL UMI 3218/CRT, Japan

Introduction

Ce travail, inscrit dans le cadre du projet européen VERE (Virtual Embodiment and Robotics re-Embodiment), vise à réaliser l'incorporation dans un robot humanoïde d'un opérateur humain à l'aide, notamment, des pensées de l'utilisateur. Pour se faire nous utilisons une interface cerveau-ordinateur qui traduit les pensées de l'homme en tâches que le robot résoudra.

1. Interface cerveau-ordinateur

Les interfaces cerveau-ordinateur s'appuient sur l'enregistrement des signaux électriques du cerveau et des méthodes d'apprentissage pour reconnaître les intentions de l'utilisateur.

L'acquisition des signaux peut se faire selon plusieurs méthodes – e.g. EEG, IRM, EMG – à l'aide de matériel qui peut être invasif – e.g. Électrodes intracrâniennes – ou non-invasif.

Dans le cadre de ce projet nous avons choisi d'adopter l'EEG, un système enregistrant les signaux cérébraux à l'aide d'électrodes placées sur le crâne de l'utilisateur. C'est en effet le système le plus communément utilisé pour réaliser des interfaces cerveau-ordinateur car il présente l'avantage d'être relativement peu coûteux, non invasif et adapté au temps réel. Ces avantages se paient néanmoins par une résolution spatiale plutôt faible et un ratio signal sur bruit faible.

Trois types de phénomènes cognitifs sont généralement utilisés pour inférer les intentions de l'utilisateur:

- SSVEP (Steady State Visual Evoked Potential), déclenché lors de l'observation d'un stimuli (visuel, audio ou tactile) clignotant à une fréquence donnée.
- P300, déclenché lors de l'apparition attendue d'un stimulus parmi d'autres stimuli
- MI (Motor Imagery) qui consiste à détecter des intentions de mouvement simples et bien différenciées (e.g. mouvement du bras gauche/droit)

De part leur faible taux d'erreur, leur taux de transfert plus important et la possibilité de travailler avec des utilisateurs non entraînés, nous avons choisi de nous concentrer sur les phénomènes SSVEP et P300.

2. Contrôle orienté tâche

Les interfaces cerveau-ordinateur posent deux problèmes essentiels lorsqu'on en vient à contrôler un robot humanoïde: leur faible taux de transfert et un retard important entre l'intention de l'utilisateur et sa détection par le système. Il est donc impensable pour l'heure de contrôler finement le comportement du robot avec une telle interface comme on pourrait le faire avec une interface haptique par exemple.

Pour palier à ce problème il a donc été choisi d'adopter le formalisme de la pile de tâches pour le contrôle du robot [1].

Nous associons ainsi des tâches à certaines intentions. Une des difficultés majeures que nous devons surmonter est de paramétrer ces tâches pour offrir à l'utilisateur un large champ de possibilités.

3. Premiers résultats

Nous avons mis en œuvre une première expérience au JRL permettant de contrôler le robot humanoïde HRP-2 à l'aide d'une interface cerveau-ordinateur. Elle repose sur le phénomène SSVEP et permet à l'utilisateur de déplacer le robot dans son environnement de travail. Un retour visuel permet à l'utilisateur de se repérer et lui expose les intentions reconnues par l'interface. L'interface avec le robot s'appuie sur les travaux de [2] pour simplement fournir une vitesse en entrée au robot.

Conclusion

Les premières expériences conduites avec succès sur le robot humanoïde HRP-2 sont encourageantes mais soulignent les difficultés inhérentes à l'emploi d'une interface cerveau-ordinateur. Par ailleurs la tâche accomplie est encore simple et non paramétrable.

Comparaison de différentes solutions pour l'articulation du genou d'un robot bipède

Arnaud Hamon, Mathieu Hobon
IRCCyN, LCFC

L'objectif de cette étude est de proposer différents mécanismes pour l'articulation du genou d'un robot bipède plan. En effet, de nombreuses études en biomécanique ont montré que l'articulation du genou humain est une articulation complexe qui possède plus d'un degré de liberté. L'articulation du genou chez l'homme est constituée de deux surfaces qui effectuent un mouvement dit de "roulement-glissement" l'une sur l'autre. Il en résulte que l'articulation du genou possède un degré de liberté en rotation et en translation dans le plan sagittal. Notre objectif est donc de proposer différentes solutions pour l'articulation du genou d'un robot bipède, permettant d'obtenir un mouvement de rotation et de translation durant la phase de flexion. Nous comparerons alors les performances obtenues durant une marche constituée de phases de simple support séparées par des impacts impulsionnels en fonction du type d'articulation retenu par rapport à une articulation classique à un degré de liberté en rotation. Ces mouvements de marche cycliques sont obtenus à partir d'un problème d'optimisation paramétrique sous contraintes afin d'obtenir des trajectoires articulaires, de type splines cubiques, générant une consommation d'énergie minimale.

Stratégies pour améliorer l'efficacité énergétique d'un robot bipède plan

Abdul HAQ and Bassel KADDAR

IRCCyN de NANTES, 1 Rue de la Noë, 44321 Nantes

Les robots bipèdes font partie des systèmes mécaniques qui utilisent l'environnement dans leurs déplacements. Leur interaction avec le sol est donc essentielle et beaucoup des problèmes doivent être pris en compte. Les allures des robots marcheurs sont encore loin de rivaliser avec celles de la marche humaine. De nombreuses équipes de chercheurs ont déjà réalisé des robots capables d'effectuer de nombreuses tâches. Entre autre, l'autonomie énergétique des robots bipèdes nécessaire à leur développement passe par une recherche des trajectoires de marche optimale. Pour cela, dans le cadre Robotique de l'IRCCyN, on s'intéresse à la recherche des allures optimales de la marche d'un robot bipède. Ce robot bipède considéré est anthropomorphique. Il possède un tronc, deux bras, deux jambes avec des genoux et des pieds. Il évolue dans le plan sagittal. Ses paramètres physiques sont déduits de ceux de la plate-forme expérimentale HYDROiD. L'allure de marche est constituée d'une phase de simple appui du pied à plat et de l'impact (phase de double support considéré instantanée). Le bipède est donc toujours complètement actionné lors de la marche. Une infinité de solutions existe pour trouver les trajectoires. L'allure de marche sera donc définie par une optimisation paramétrique sous contraintes. L'optimisation est effectuée avec le critère énergétique établi sur la norme des couples par unité de distance parcourue pour augmenter l'autonomie du robot. L'effet de ses différents membres sur la consommation d'énergie sera mis en évidence.

Amélioration de la coordination des segments corporels valides et déficients pour l'assistance au transfert de sujets paraplégiques sous SEF.

Jovana Jovic (1), Vincent Bonnet (2), Philippe Fraisse (1), Charles Fattal (3), Christine Azevedo Coste (1)

(1) LIRMM, Montpellier, France

(2) VLABLAB, Department of Human Movement and Sports Sciences University of Rome

(3) Clinique PROPARGA, Montpellier, France

Nous avons exploré les outils de l'optimisation dynamique afin de définir des trajectoires permettant d'améliorer la stratégie de lever de chaise chez le sujet paraplégique utilisant la stimulation électrique fonctionnelle (SEF). L'objectif est de mettre en place une stratégie de coordination optimale pour le mouvement volontaire du tronc permettant de minimiser les couples de la hanche, du genou et de la cheville ainsi que les efforts des membres supérieurs impliqués dans le mouvement. Un site expérimental a été mis en place. Des barres parallèles ont été équipées de capteurs d'efforts sur des poignées ainsi qu'un système de capture vidéo de mouvement permettant d'analyser le mouvement du lever de chaise du sujet dont les jambes sont contrôlées par SEF. Cette analyse est basée sur une modélisation dynamique à 3ddl associée à un algorithme d'optimisation permettant de déterminer les trajectoires optimales du tronc en termes de minimisation des couples pour différents niveaux d'efforts appliqués aux poignées. Les courbes calculées par le processus d'optimisation sont ensuite comparées avec celles enregistrées pendant les expérimentations sur le patient. Les résultats obtenus suggèrent que dans le but de minimiser les couples articulaires mis en jeu ainsi que la participation des bras, les sujets paraplégiques devraient projeter leur tronc vers l'avant lors de la phase de décolllement du siège. Une information concernant le mouvement du haut du corps pourra ainsi être utilisée dans le schéma de commande de la SEF en boucle fermée. Le contrôleur déclenchera la stimulation des jambes en fonction du mouvement du tronc de façon à optimiser la coordination entre haut et bas du corps.

Gestion de l'incertitude dans le monde réel avec un modèle d'apprentissage par renforcement neuro-inspiré

Mehdi Khamassi (1),(2), Stéphane Lallée (1), Pierre Enel (1), Emmanuel Procyk (1), Peter F.Dominey (1)

(1) INSERM U846, Stem Cell and Brain Research Institute, Université de Lyon, Lyon 1

(2) Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique

Prendre des décisions dans un environnement incertain en y apprenant de ses propres erreurs constitue une problématique qui intéresse à la fois la robotique et les neurosciences, et un domaine d'interactions scientifiques entre les deux disciplines. Les modèles d'apprentissage par renforcement ont déjà montré leur pertinence à la fois pour permettre aux robots d'adapter par essais-erreurs leurs choix d'action et pour mieux comprendre les bases neurales de l'adaptation comportementale chez les mammifères (homme, singe et rongeurs). Un enjeu récent qui en découle est de déterminer comment effectuer un paramétrage automatique et efficace de ces modèles (i.e. meta-learning, Doya, 2002), et comment ce paramétrage dynamique est géré dans le cerveau. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la régulation dynamique d'un des paramètres importants des modèles d'apprentissage par renforcement : le taux d'exploration, qui détermine à quel moment un agent doit choisir l'action estimée comme optimale (exploitation) et à quel moment il doit choisir une action considérée comme sous-optimale pour réduire l'incertitude sur l'environnement (exploration). Nous avons développé un modèle de réseaux de neurones s'inspirant des données biologiques montrant que le cortex préfrontal s'active différemment entre les phases d'exploration et d'exploitation. Nous avons ajouté un mécanisme de meta-learning régulant le taux d'exploration en fonction des variations de récompense moyenne obtenue par l'agent. Ceci nous a permis d'une part de contribuer aux neurosciences en identifiant de nouveaux mécanismes neuraux du cortex préfrontal permettant de réguler l'exploration. D'autre part, le modèle a permis au robot humanoïde iCub d'améliorer ses performances dans une tâche simple d'apprentissage en situation d'interaction homme-robot. En particulier, le modèle permet au robot d'apprendre que certains événements au préalable incertains introduits par l'humain résultent systématiquement en une baisse de la récompense moyenne et doivent donc déclencher une nouvelle phase d'exploration dès qu'ils se produisent à nouveau. Ceci nous permettrait d'expliquer une partie de l'apprentissage effectué par les singes dans une phase de « pre-training » où l'animal apprend quels sont les stimuli et événements importants avant la phase d'enregistrements électrophysiologiques.

Vers une plateforme d'interaction Homme / Robot générique : Apprentissage de perception et d'exécution d'actions en contexte de plan partagés sur l'iCub et Bert2.

Stephane Lallée (1), Ugo Pattacini, Séverin Lemaignan(2), Alexander Lenz, Chris Melhuish, Lorenzo Natale, Sergey Skachek, Katharina Hamann, Jasmin Steinwender, Emrah Akin Sisbot (2), Giorgio Metta, Rachid Alami (2), Felix Warneken, Peter Ford Dominey (1)

(1) INSERM U846, Stem Cell and Brain Research Institute, Université de Lyon, Lyon 1, UMR-S 846

(2) LAAS – CNRS, Toulouse

L'un des objectifs à long terme de la robotique et des systèmes cognitifs artificiels est leur capacité à acquérir et à améliorer une faculté de coopération avec leurs utilisateurs humains. Dans des situations dynamiques où le système n'a pas les connaissances à priori suffisantes, il est important qu'il puisse enrichir ses capacités par l'observation des humains coopérant entre eux. Cette faculté repose sur trois points majeurs. En premier lieu il faut que le système gère et synthétise la quantité importante d'informations qui vont découler de son apprentissage lors de tâches non prévues. Dans un second temps, le système doit être capable d'apprendre puis de reconnaître une action (effectuée par un humain, un autre robot ou lui-même), et d'assembler ces actions de manière hiérarchique (actions composites). Le dernier point d'importance concerne l'immense hétérogénéité des individus robotiques et de leurs systèmes sensori-moteurs : chaque plateforme possède des capacités perceptives et motrices différentes. L'optique de notre plateforme est de s'affranchir de ces différences inter-systèmes et de proposer des mécanismes de perception et de production d'actions généralisables à l'ensemble de la communauté robotique. Notre recherche actuelle nous a permis de valider cette approche sur les robots humanoïdes iCub et Bert2. Nous présentons notre architecture, développée spécialement dans une optique de portabilité et de partage de connaissance entre différents robots. Les détails concernant l'accès aux différentes ressources sensorielles (ex : camera RGB pour l'iCub contre système de marqueurs réfléchissants et caméras infrarouges chez Bert2) et motrices (contrôle en position ou en force, chaînes cinématiques différentes) sont encapsulés au plus bas niveau du système. Cette abstraction nous permet de démontrer que le système peut reconnaître les actions de l'utilisateur indépendamment de la plateforme contrôlée. D'un point de vue exécutif, il est capable d'apprendre à exécuter une action composée ou un plan partagé sur un robot, et de l'exécuter effectivement sur l'autre. Toutes les connaissances générées par le système de manière locale peuvent être mise en commun et partagées sur internet afin que tous les robots en bénéficient.

Génération de mouvements dynamiques optimaux multi-contacts

Sébastien Lengagne, Abderrahmane Kheddar, Eiichi Yoshida

CNRS-AIST Joint Robotics Laboratory (JRL), UMI3218/CRT, Tsukuba, Japan

Afin d'évoluer dans leur environnement et de réaliser les tâches qui leur sont assignées, les robots humanoïdes doivent enchaîner une séquence d'appui sur leur environnement. Dans la plupart des méthodes développées jusqu'ici, les points d'appui considérés se situent entre les pieds du robot et le sol, en considérant les autres constituants de son environnement comme des obstacles à éviter.

Cependant quelques méthodes ont été proposées, notamment [1] qui permettent de définir une séquence de point d'appui et de postures statiques permettant au robot de se mouvoir dans son environnement en utilisant toutes ces capacités. Partant de ces postures statiques, nous proposons une méthode de génération de mouvement dynamique multi-contact qui reprend le principe d'optimisation du mouvement présenté dans [2] en tenant compte des spécificités au niveau géométrique et dynamique d'un mouvement à plusieurs contacts.

En plus de contraintes inégalités continues qui permettent d'assurer les limites de bon fonctionnement du robot, un mouvement en multi-contact impose des contraintes géométriques qui se traduisent par des contraintes continues égalités au niveau du problème d'optimisation. Pour gérer ces types de contraintes, nous utilisons une approximation polynomiale présentée dans [3]. Au niveau dynamique, le calcul des forces de contact et de la condition d'équilibre n'est pas unique dans le cadre d'un mouvement multi-contact. Nous proposons une méthode de modélisation des forces de contacts qui seront contraintes afin d'assurer l'équilibre du robot, comme présenté pour un modèle simple en 2D dans [4].

Les vidéos des résultats expérimentaux sont disponibles sur le site internet [5]. Ces travaux sont soumis en revue.

[1] A. Escande, A. Kheddar, « Planning support contact-points for humanoid robots and experiments on HRP-2 » 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2006,

[2] S. Miossec, K. Yokoi., A. Kheddar, « Development of a software for motion optimization of robots - Application to the kick motion of the HRP-2 robot », 2006 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Kunming, China, 2006.

[3] S. Lengagne, P. Mathieu, A. Kheddar, E. Yoshida, « Generation of Dynamic Motions Under Continuous Constraints: Efficient Computation Using B-Splines and Taylor polynomials » 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 18 - 22, 2010, Taipei, Taiwan.

[4] S. Lengagne, P. Mathieu, A. Kheddar, E. Yoshida « Generation of Dynamic Multi-Contact Motions: 2D case studies » 2010 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, December 6-8, 2010, Nashville, TN, USA.

[5] <http://staff.aist.go.jp/sebastien.lengagne/videos.html>

Mouvement du système bras-main d'un robot humanoïde: imitation du geste naturel avec prise en compte de l'effet « tenodèse ».

NGUYEN Kien Cuong et PERDEREAU Véronique
UPMC Univ Paris 06, UMR 7222, ISIR

Introduction

Le travail présenté dans cet article se positionne dans le projet européen FP7 HANDLE [3] (Developmental pathway towards autonomy and dexterity in robot in-hand manipulation). Il a pour objectif de résoudre la redondance du système bras-main d'un robot humanoïde dans le contexte de saisie et manipulation fine d'un objet par imitation du geste naturel de l'humain.

Approche

Saisir un objet puis le manipuler peut se faire avec différentes trajectoires d'approche et différentes configurations de saisie. Cette redondance au niveau de la tâche est due au grand nombre de degrés de liberté de l'ensemble bras-main. Le choix de l'humain pour privilégier telle ou telle configuration vient d'un long processus d'apprentissage prenant en compte implicitement les contraintes mécaniques du système. Dans ce travail, nous concentrons nos efforts sur le décryptage de certaines contraintes mécaniques, le phénomène « ténodèse » en particulier, afin de résoudre la redondance et imiter le geste naturel humain lors d'une saisie ou d'une manipulation fine d'un objet.

Méthode

L'effet « ténodèse » est le changement des angles d'articulation des doigts induit par le changement d'angle d'articulation du poignet. Il a été étudié par Su F. C. [1] mais l'auteur a utilisé une méthode statistique et le résultat était formulé sous forme de relations linéaires ou quadratiques entre chaque angle d'articulation des doigts et l'angle d'articulation du poignet lorsque la main se trouve dans un état totalement relaxé. Cette méthode et ce résultat paraissent inexploitable pour la résolution de la redondance car faire une analyse statistique pour toutes les configurations de saisie est un travail très difficile et la main ne se trouve pas toujours dans un état totalement relaxé lors d'une saisie.

La méthode employée dans notre travail est très différente. Elle consiste à :

- Créer un modèle biomécanique simplifié de la main humaine et reformuler les contraintes muscles-tendons sous la forme d'un critère d'optimisation d'une quantité que l'on appelle « confort des muscles-tendons »
- Identifier les valeurs des paramètres de ce modèle à partir des mesures enregistrées par un Cyberglove [4] lors de mouvements totalement relaxés d'une main humaine
- Valider le modèle par d'autres mesures enregistrées également avec le Cyberglove.
- Intégrer le critère d'optimisation de confort des muscles-tendons dans le schéma de résolution de redondance introduit par Seraji [1].

Résultats

Avec cette approche, nous avons réussi à résoudre d'une manière efficace la redondance dans plusieurs situations de saisie et de manipulation fine. Cette solution coïncide bien au choix humain, ce qui nous aide à reproduire les gestes naturels avec des robots manipulateurs anthropomorphes.

Génération de séquences de configurations de saisie pour la manipulation dextre robotique

Urbain Prieur (1), Véronique Perdereau (1), Alexandre Bernardino (2)

(1) UPMC Univ. Paris 06, UMR 7222 , ISIR

(2) Instituto Superior Técnico & Instituto de Sistemas e Robótica , 1049-001 Lisboa - Portugal

Introduction

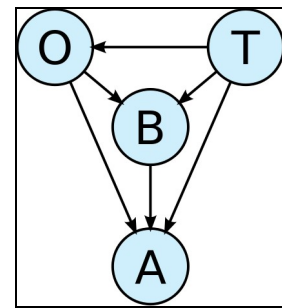
La manipulation dextre est une activité très complexe à reproduire avec une main robotique humanoïde. Une approche hiérarchisée, avec une commande à plusieurs niveaux s'avère nécessaire. En effet, une tâche de manipulation peut être subdivisée en plusieurs sous-tâches, chacune composée d'actions. Certaines actions sont simples, comme approcher la main, d'autres impliquent une phase de reconfiguration de la saisie dans la main. C'est à la planification de ce type d'action que la méthode présentée ici s'adresse. Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet européen FP7 HANDLE.

La méthode

Le travail présenté ici propose une méthode pour planifier une séquence de configurations de saisie connaissant les saisies initiale et finale de l'action. On considère un nombre fini de saisies possibles comme décrites dans [Feix et al. 2009]. Le choix d'une séquence se fera ainsi sur un nombre fini de transitions possibles. Pour cela, on définit un modèle donnant la probabilité d'utilisation d'une transition d'une saisie à l'autre. Cette probabilité dépend de l'objet, de la tâche effectuée et de la saisie précédente:

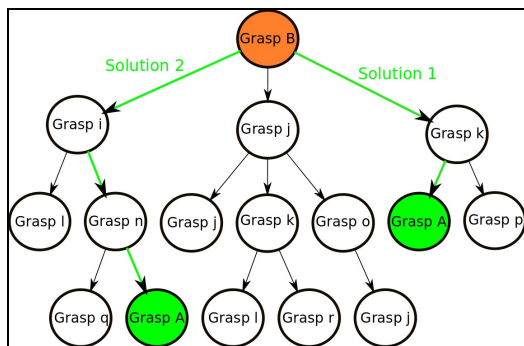
$$P(A,B,T,O) = P(A|B,O,T)P(B|O,T)P(O|T)P(T)$$

Ces transitions possibles peuvent être représentées sous la forme d'un graphe. Considérant les mouvements humains comme optimaux, on choisit d'apprendre automatiquement les probabilités de ces transitions à partir d'enregistrements humains. Cependant, la liste de



saisies comporte 33 classes de saisies, et plusieurs types d'objets et de tâches doivent être considérés, ce qui représente un nombre de démonstrations humaines trop élevé pour de l'apprentissage classique. L'apprentissage est donc accéléré par une première estimation des probabilités des transitions possibles par un expert humain. Ensuite, ces probabilités sont affinées par un apprentissage actif comme présenté dans [Tong, et al., 2001].

La séquence de transitions la plus probable est ensuite déterminée sur le graphe à l'aide d'un algorithme simple d'arbre de décision,



Conclusions et perspectives

La méthode proposée permet de générer rapidement, en moins de 1 seconde, une séquence de configurations de saisie pour une tâche de manipulation fine. La méthode s'intègre dans une structure de planification à plusieurs niveaux, et fournit par des saisies successives les différentes étapes d'une action de reconfiguration. Les séquences générées après cet apprentissage des probabilités de transition d'une saisie à une autre sont au plus proche du choix humain. Une première estimation des probabilités de transition a été faite, et doit encore être affinée par d'autres démonstrations humaines. L'objet et la tâche seront pris en compte progressivement dans des étapes ultérieures.

Références

[Feix et al. 2009] T. Feix, and O. Bock., "The generation of a comprehensive grasp taxonomy", online at <http://web.student.tuwien.ac.at/~e0227312/>, 2009.

[Tong, et al., 2001] Tong Simon and Koller Daphne, "Active Learning for Parameter Estimation in Bayesian Networks" // NIPS. - 2001. - pp. 647-653.

Une approche temps-réel de l'apprentissage d'objets par saillance visuelle en robotique humanoïde

Dominik Maximilián Ramík, Christophe Sabourin, Kurosh Madani

Signals, Images, and Intelligent Systems Laboratory (LISSI / EA 3956), Paris Est University, Senart
Institute of Technology, Avenue Pierre Point, 77127 Lieusaint, France

In humanoid robotics the design of human-like bodies has witnessed many advances in past years; however current attempts to approach the human-like mind have still many shortcomings. In our work, we contribute to development of a vision-based learning technique that would be practicable in mobile robotics (i. e. real-time) scenarios. We present an approach for unsupervised extraction of objects from unlabeled images acquired by a humanoid robot and online learning and recognition of those objects. This approach is inspired by existing results of research on the human vision system and on the way how small children learn. Our technique extracts objects of interest by means of visual saliency, classifies them and uses the acquired data for learning. Building on existing work on the field of visual saliency, we propose an improved salient object detection algorithm, which serves to gather objects for learning. To enable the robot to recognize previously learned object, we employ two fast state-of-the-art object recognition methods. It is the Speeded up Robust Features (SURF) and the Viola-Jones object detection framework. An experimental verification of our approach is presented with benchmark results on MSRA Salient Object Database (for salient object extraction). Moreover we have run several experiments in a real office environment involving humanoid robot Nao and several common objects like mug, pda, book etc. First, new objects were presented to the robot and automatically learned. Then the same objects were placed randomly in the environment and the robot was required to locate them and approach to them. A dynamic scenario was also employed, where the robot was required to find and follow a slowly moving previously learned object.

Génération dynamique de mouvement corps-complet par optimisation de tâches hiérarchisées unilatérales et bilatérales

L. Saab (1), N. Mansard (1), F. Keith (2), P. Souères (1), J-Y. Fourquet (3)

(1) LAAS-CNRS, Toulouse

(2) INRIA Bipop, Grenoble

(3) ENI de Tarbes

Dans ce travail nous proposons une méthode de résolution de l'équation dynamique d'un robot humanoïde en prenant en compte différents types de contraintes unilatérales et bilatérales, telles que le maintien de l'équilibre dynamique ou le respect des limites articulaires. Nous montrons tout d'abord que les problèmes de commande reposant sur la cinématique inverse ou sur la dynamique inverse peuvent être formulés selon un même schéma unifié. En nous basant sur cette unification, nous généralisons à la dynamique la méthode de résolution sous contraintes, basée sur une cascade de programmes quadratiques, qui avait précédemment été développée pour la cinématique inverse. Cette méthode est alors utilisée pour produire en simulation des mouvements corps-complet d'un robot humanoïde ayant plusieurs contacts non coplanaires.



R-Blink : Génération très rapide de mouvements corps complet pour les robots humanoïdes.

O. Stasse (1), F. Lamiraux (2), N. Mansard (2), P.-B. Wieber (3), C. Dune (4), N. Perrin (1),(2), A. Herdt (3), S. Hak(2)

(1) CNRS-AIST, Joint Robotics Laboratory, JRL, UMI3218/CRT

(2) LAAS-CNRS, Toulouse,

(3) INRIA Rhones-Alpes,

(4) Université de Toulon

Introduction

Le but du projet R-Blink est de rendre les robots humanoïdes capables de gérer des changements de situations soudains dues à des perturbations extérieures, ou à des modifications brutales de la consigne. Cette présentation exposera les résultats obtenus en 2010 dans le cadre de ce projet et les pistes suivies en 2011.

Marche, asservissement en vitesse.

Les nouveaux travaux du projet concernant la marche s'inscrivent dans la continuité des résultats obtenus l'année dernière concernant la génération de trajectoires du CoM permettant à un robot humanoïde de maintenir son équilibre tout en décidant des pas. Dans le cadre du projet A. Hert et P.-B. Wieber se sont orientés vers des méthodes permettant d'asservir le pendule inverse linéarisé sur des références de vitesse de CoM. Une implémentation complète a été réalisé sur le robot humanoïde HRP-2. Elle permet ainsi des transitions très rapide entre différentes vitesses de marche (par exemple de 0.2 m/s à -0.2 m/s) sans phase de ralentissement de pas comme c'est le cas pour des méthodes analytiques considérées comme l'état de l'art. L'intérêt majeur de cette formulation est qu'elle permet de fournir à un utilisateur une entrée type « joystick » sans avoir à considérer la planification et l'ordonnancement des pas. Pour cette raison ce résultat a déjà été utilisé pour des applications telles que la commande de robot humanoïdes par une interface cerveau-ordinateur. Une autre application est l'asservissement visuel. Le problème posé par cette approche est qu'il n'est pas toujours possible de réaliser la référence de vitesse demandée.

Asservissement visuel.

Basé sur le résultat précédent C. Dune a proposé une nouvelle loi de commande basée sur les approches classiques d'asservissement visuel tout en considérant le générateur d'allure de marche comme une boîte noire. Il est maintenant possible pour HRP-2 de générer des trajectoires complètes de plusieurs mètres sans aucun recours à la planification.

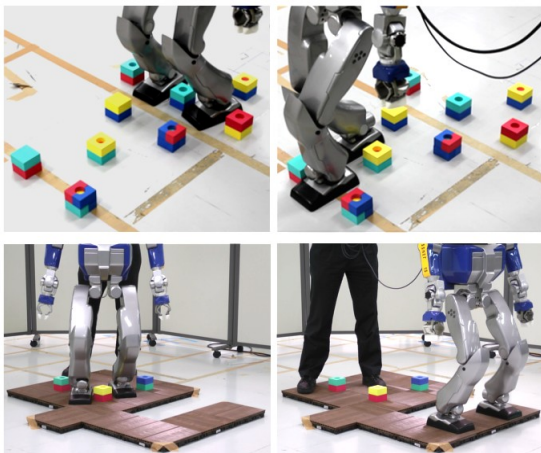


Figure 1: titre de la figure

Planification rapide.

N. Perrin [4] a proposé un nouveau cadre pour la planification rapide de pas pour les robots humanoïdes sur des sols plats avec des obstacles 3D. Pour cela des approximations des volumes balayés par le robot lors de la marche sont calculés hors ligne pour être utilisés efficacement lors de la détection de collision en ligne. Une variante de RRT est utilisée pour trouver des chemins libres de collisions en considérant des demi-pas. Une fois cette séquence de demi-pas, une méthode basée sur le principe d'homotopie est introduite pour accélérer et adoucir les mouvements tout en évitant les obstacles.

Cette méthode a été validée expérimentalement sur HRP-2.

Commande prédictive et contrôle de l'équilibre, état de l'art

Wieber P.-B.
INRIA-Bipop