

INSTITUT PPRIME
AXE ROBIOSS

JNRH 2010

5^{èmes} JOURNÉES NATIONALES DE LA ROBOTIQUE HUMANOÏDE

FUTUROSCOPE, 3-4 JUIN 2010

PROGRAMME ET RÉSUMÉS



Aldebaran Robotics



Les Journées Nationales de la Robotique Humanoïde

Historique

La première rencontre de la communauté française pour la recherche sur les robots humanoïdes s'est tenu le 13 mai 2005, soit deux ans après la création du JRL (Joint Research Laboratory) : laboratoire international expert en robotique en partenariat avec l'institut japonais AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology). Le JRL-France est co-dirigé par Jean-Paul Laumond et Eiichi Yoshida. A cette époque, trois plateformes de recherche avaient été réalisées en France, les robots BIP (INRIA, LMS), RABBIT (PIR CNRS ROBEA) et ROBIAN (LIRIS). Ces premières journées ont abordées trois thématiques : la synthèse de la marche, la reproduction du mouvement naturel, la modélisation et l'interaction.



Etienne Dombre (LIRMM) et Raja Chatila (LAAS) propose en 2006 la création du groupe de recherche (GDR) en robotique. La proposition initiale ne comportait pas de groupe de travail spécifique relatif à la robotique humanoïde. Dès la mise en place du GDR en 2007, le GT7 est créé pour réunir la communauté grandissante des chercheurs travaillant sur les robots anthropomorphes. Christine Chevallereau (IRCCyN), Philippe Fraisse (LIRMM) et Fathi Ben Oueddou (LISV) sont chargés de l'animation de ce groupe de travail.



Le 29 et 30 mars 2007, la rencontre se déroule cette fois-ci sur deux jours dans les locaux du LIRMM à Montpellier. Entre-temps, deux nouvelles plateformes de recherche sont installées : au LAAS à Toulouse avec le robot HRP-2 (Kawada Industries Inc.) et au LIRMM avec le robot HOAP-3 (Fujitsu Automation). Ces journées ont été marquées par une session plénière du professeur Oussama Khatib de l'Université de Stanford et par la présentation du projet ambitieux de la jeune société française Aldebaran Robotics.

C'est ensuite autour de Paris d'accueillir les 13 et 14 Mai 2008, les 3e journées nationales de la robotique humanoïde. Dans le cadre prestigieux de l'aéroclub de France, les sujets de recherche et les champs d'application s'élargissent notamment vers les communautés de biomécanique et de neurosciences. Gordon Cheng (ATR, Kyoto) introduit les perspectives des études en robotique humanoïde pour les neurosciences tandis que Fumio Kanehiro présente les projets de l'AIST et l'ouverture du marché industriel des robots anthropomorphes. Le robot NAO réalisé par Aldebaran Robotics est présenté à la communauté scientifique lors de ces journées parisiennes.

Les JNRH suivantes sont organisées par l'IRCCyN les 5 et 6 mai 2009. Pour la première fois, une session est entièrement dédiée à la modélisation du corps humain. De plus, un accent est mis sur les capacités de perception des robots humanoïdes. Alain Berthoz du Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action du Collège de France introduit des principes communs au contrôle des mouvements de la main et de la locomotion étudiant notamment le lien avec la direction du regard.



Pour la présente édition de ces journées, l'organisation a été confiée à l'équipe ROBIOSS (Robotique, Biomécanique, Sport et Santé) du département de Génie Mécanique et Systèmes Complexes de l'institut Pprime (UPR 3346 - CNRS, Université de Poitiers, ENSMA).

Le comité d'organisation des 5èmes JNRH souhaite à tous les participants la bienvenue et d'excellentes journées.



JNRH 2010 - PROGRAMME

JEUDI 3 JUIN 2010

9h00 Accueil café

9h45 Introduction

10h SESSION Contrôle : Christine Chevallereau

10h ***Stability and Control for a 3D Biped Robot Based on Choice of Controlled Outputs***

T. Wang, C. Chevallereau (IRCCYN)

10h30 ***Contrôle de position duale pour un système à deux bras***

H.-L. Pham, V. Perdereau, B. V. Adorno, P. Fraise (UPMC, LIRMM)

11h00 ***Démonstrateur Humanoïde du projet ROBOT@CWE***

A. Kheddar, O. Stasse, P. Evrard, N. Mansard, E. Yoshida, K. Yokoi (AIST, LIRMM, LAAS)

11h30 SESSION PLENIERE

ROMEO : un humanoïde pour l'action et la communication

R. Gelin (ALDEBARAN)

12h00 Déjeuner : Menu de Malvina

13h45 SESSION Vision : Fathi Ben Ouezdou

13h45 ***Commande par vision d'un robot redondant multi bras : Manipulation à deux bras avec le HRP2***

A. Abou Moughlby, P. Martinet, N. Mansard (LASMEA, LAAS)

14h15 ***Deux approches pour l'asservissement visuel de la marche***

C. Dune, A. Herdt, O. Stasse, P.-B. Wieber, E. Yoshida (AIST, INRIA)

14h45 ***Designing Human Inspired SLAM for Humanoid Robots***

D. M. Ramík, Ch. Sabourin, K. Madani (LISSI)

15h15 SESSION Préhension : Marc Arsicault

15h15 **Approche biomécanique des interactions entre les doigts pour différentes conditions de production de force**

F. Quaine, F. Paclet, F. Colloud, L. Vigouroux (Gipsa-lab, Pprime, Mouvement et Perception)

15h45 **Préhension et manipulation dextre en robotique**

N. Daoud, J.P. Gazeau, M. Arsicault, S. Zegloul (Pprime)

16h15 Pause café

16h30 SESSION Partenaires : Jean-Pierre Gazeau

16h30 **Robotique modulaire et préhenseurs**, (SCHUNK)16h45 **Robots Kuka**, (KUKA)17h **Matériel de Vision intelligent**, Pirim (BVS)17h15 SESSION Imitation et planification : Florent Lamiroux

17h15 **Identification de Tâches pour le Contrôle d'un Robot Humanoïde**

S. Hak, N. Mansard, O. Stasse (LAAS, AIST)

17h45 **Planification et adaptation rapide de mouvements sûrs pour les robots humanoïdes**

S. Lengagne, N. Ramdani, P. Fraise (AIST, LIRMM, CERTES)

18h15 **Imitation en ligne du mouvement humain par HRP2**

F.-J. Montecillo-Puente, J.-P. Laumond (LAAS)

18h45 Visité guidée dans le parc avec deux parcours à thème.

20h30 Repas de gala : Menu régional

22h30 Spectacle nocturne : Le mystère de la note bleue

VENDREDI 4 JUIN 2010

- 8h00 **Démonstration VICON et SENSIX (bâtiment SP2MI)**
Visite de l'équipe RoBioSS
- 9h30 Transfert vers le parc et accueil café
- 10h SESSION Humain : Patrick Lacouture
-
- 10h ***Comparison of Capture Point estimation with human foot placement :
Applicability and Limitations***
Z. Aftab, P.-B. Wieber, T. Robert, (INRETS, INRIA)
- 10h30 ***Analyses et modélisations des modes de coordinations posturales***
V. Bonnet, P. Fraise, N. Ramdani, B.G. Bardy, J. Lagarde, S. Ramdani
(LIRMM, EDM, CERTES)
- 11h00 ***Modèles de genou pour la marche bipède***
A. Hamon, Y. Aoustin (IRCCYN)
- 11h30 ***Un patineur peut-il réaliser un quintuple boucle piquée ?***
F. Colloud, P. Lacouture, T. Monnet, K. Ben Mansour (Pprime)
- 12h00 Déjeuner : Menu du Major Grubert
- 14h SESSION Partenaires
-
- Améliorations de NAO, R. Gelin (ALDEBARAN)
- 14h30 SESSION Synthèse de mouvements : Philippe Fraise
-
- 14h30 ***Génération de la marche du robot HYDROïD à partir de ses modèles
géométriques inverses***
S. Bertrand, O. Bruneau, F.B. Ouezdou, S. Alfayad (LISV)
- 15h ***R-Blink: Génération très rapide de mouvements corps complet pour les
robots humanoïdes***
F. Lamiroux, N. Mansard, O. Stasse, P.-B. Wieber (LAAS, AIST)
- 15h30 ***Adaptive Locomotive Behaviors of a Biped Robot: Patterns Generation
and Classification***
J. Nassour, P. Hénaff, F.B. Ouezdou, G. Cheng (LISV)
- 16h00 ***Synthèse de comportements dynamiques - Application au robot iCub***
J. Salini, P. Bidaud (ISIR)
- 16h15 Fin des journées, accès libre au parc

SESSION Contrôle

Animatrice : Christine Chevallereau (IRCCyN)

Stability and Control for a 3D Biped Robot Based on Choice of Controlled Outputs

Wang T., Chevallereau C.
IRCCyN, Ecole Centrale de Nantes
ting.wang@ircryn.ec-nantes.fr

Introduction

This paper studies the effect of controlled outputs selection on the walking stability for a 3D bipedal robot. A feedback controller based on ZMP is applied to track the reference walking motion. The Poincaré method is used to analyse the stability of the walking gait in a reduced space, and the effect of output selection is studied to improve the stability of the walking as in [1].

Model

As shown in Fig.1, the 3D robot is comprised of a torso and two identical legs, and each leg is composed of two links and a foot. The walking gait consists of single support phases where the stance foot is flat on the ground separated by impacts. It has 14 DOF in the single support phase and 14 actuators. The vector $q = [q_1, q_2, \dots, q_{14}]$ of configuration variables describes the shape and orientation of the biped during single support. The torques are grouped into a torque vector, $\tau = [\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{14}]$. The Newton-Euler method permits to calculate the dynamic model as defined in (1).

$$[F \quad M \quad \tau]^T = f(q, \dot{q}, \ddot{q}) \quad (1)$$

The equilibrium dynamics is obtained based on the desired ZMP and (1):

$$W\ddot{q} + H = 0_{2 \times 1} \quad (2)$$

where $[W, H] = f(q, \dot{q}, \ddot{q}, ZMP^d)$.

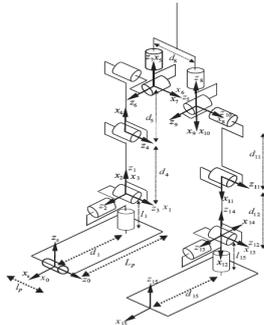


Figure 1: Model

Control Law

The reference motion is expressed as a quantity θ that is strictly monotonic along a typical walking gait, $\theta = q_3 + 0.5q_4$.

It is shown that for the same desired periodic motion, the stability of the closed-loop system can be dramatically improved through a judicious choice of the controlled variables. For simplicity, we limit our analysis to the case of controlled variables as a linear expression of the configuration variables. They are:

$$u = Mq = M_1V + Q \quad (3)$$

where $V = [q_2, \theta]^T$, $Q = [q_1, q_4, \dots, q_{14}]^T$, and M_1 is a 12×2 constant matrix. The 12 outputs must be zeroed by the control law as:

$$y = u(\theta) - u^d(\theta) = 0 \quad (4)$$

where $u^d(\theta) = Mq^d(\theta)$, and $q^d(\theta)$ is known.

The zero dynamics is a dynamic system of order 3 that can correctly describe the behaviour of the closed loop system if (3) is satisfied. In order to analyse the stability of the walking gait in 3-dimension space with application of Poincaré method, we modified the output as:

$$y = u(\theta) - u^d(\theta) - u_c(\theta, y_i, \dot{y}_i) \quad (5)$$

Next, \ddot{q} in (2) can be replaced by \ddot{u} and \ddot{V} , as

soon as \ddot{V} is calculated, \ddot{q} and τ can be obtained.

Stability Analysis

The Poincaré map can be linearized about a fixed-point as:

$$\delta \tilde{x}_{k+1} = A^z \delta \tilde{x}_k \quad (6)$$

The fixed-point of the restricted Poincaré map is locally exponentially stable, if, and only if, the eigenvalues of A^z have magnitude strictly less than one. As the zero dynamics of the robot is only affected by the first column of M_1 , that is noted as M_{11} . We fix arbitrary 11 components of M_{11} to zero and $\max |eig(A^z)|$ are drawn as function of the twelfth component of M_{11} . The part of results are shown in Fig. 2, when $M_{11}(10) = 2$ or $M_{11}(12) = 3$, the walking is proved to be stable.

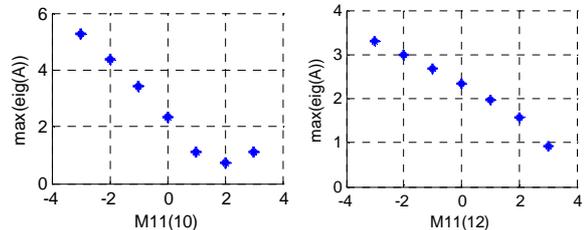


Figure 2: $\max |eig(A^z)|$ versus $M_{11}(j)$, $j = 10, 12$, when the other eleven components of M_{11} are zero.

Reference

[1] Wang T., Chevallereau C., Shih C.-L., Choice of output for time-variant walking control for a five-link underactuated planar biped robot, *Proceedings of 2009 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, Paris, France, December 2009.

Contrôle de position duale pour un système à deux bras

Pham H.-L.¹, Perdereau V.¹, Adorno B. V.², Fraise P.²

¹ Université Pierre et Marie Curie

² LIRMM – Université Montpellier II

hoang-lan.pham@upmc.fr

adorno@lirmm.fr

Contexte et besoins

Notre travail s'inscrit dans le cadre du projet ANR ASSIST. Ce projet de recherche a pour objectif le développement d'un robot mobile autonome, muni de deux bras manipulateurs et d'un système de vision (Fig.1), destiné à porter assistance à des personnes handicapées de type tétraplégiques dans leurs tâches quotidiennes de manipulation d'objets.

Le robot ASSIST sera capable, par exemple, d'ouvrir un bocal ou de remplir un verre d'eau et le donner au patient. La dextérité nécessaire passe par l'utilisation de deux bras pour échanger l'objet d'un préhenseur à l'autre afin de le disposer selon une orientation souhaitée ou encore pour réaliser une manipulation complexe à deux mains.

Problématique

La manipulation dextre à deux bras demande d'une commutation entre différents modes de contrôle (position, force, vision) au cours de la séquence de manipulation [1] :

- Contrôle en position ou référencée vision de chaque bras indépendamment pour atteindre la cible ou joindre les mains,
- Contrôle force/position d'un bras seul saisissant l'objet,
- Contrôle force/position des deux bras en contact avec le même objet

De plus, les deux bras n'ont pas nécessairement le même rôle dans l'exécution de la tâche. L'un des bras peut servir à maintenir l'objet tandis que l'autre exécute une action sur cet objet (dévissage du couvercle d'un pot, par exemple). La structure de commande devra autoriser un comportement différent des bras et un contrôle non plus seulement en position et force mais aussi en orientation et moment. Les paramètres de contrôle dépendront alors à la fois de l'autre bras, de l'objet et du contexte environnemental.

Aujourd'hui la commande hybride force/position ne pose plus de problème pour un bras en contact avec un environnement fixe, non plus pour la commande de deux bras transportant en coopération un objet fermement tenu [2][3]. Cependant les résultats de recherche en prehension et manipulation autonomes d'objets divers sont encore loin de répondre aux besoins des utilisateurs quand il s'agit de réaliser des tâches complètes à deux mains.

Pour toutes ces raisons, nous cherchons à développer une structure de commande globale qui assure une commutation transparente entre les différents modes de contrôle et opère indifféremment au niveau tâche comme au niveau bras.

Travail réalisé ou en cours

Nous avons choisi d'utiliser le quaternion dual [4] pour décrire une tâche de manipulation à deux bras. Ce formalisme compact permet de décrire de manière homogène et sans singularité de représentation des consignes en position et orientation. Nous présentons la description d'une tâche au niveau objet avec ce formalisme ainsi que des résultats expérimentaux d'un asservissement en mode « position duale » à un bras pour valider le formalisme.



Figure 2: Prototype du robot ASSIST

Principales références bibliographiques

- [1] P. Dauchez, P. Fraise, F. Pierrot, « A Vision/Position/Force Control Approach for Performing Assembly Tasks with a Humanoid Robot », IEEE-RAS International Conference on Humanoids'2005, Decembre 2005, Japon
- [2] V. Perdereau, M. Drouin, « Hybrid External Control for Two Robot Coordinated Motion », Robotica, Cambridge, 14(2):141-154, 1996
- [3] P. Fraise, P. Dauchez, F. Pierrot, « Robust Force Control Strategy based on Virtual Environment », Journal of Advanced Robotics, Robotics Society of Japan, March 2007
- [4] Y. Wu, X. Hu, D. Hu, « Strapdown inertial navigation system algorithms based on dual quaternions », IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 41(1):110-132, 2005

Démonstrateur Humanoïde du projet ROBOT@CWE

Kheddar A.^{1,2}, Stasse O.¹, Evrard P.^{1,2}, Mansard N.³, Yoshida E.¹, Yokoi K.¹

¹ CNRS-AIST JRL, Tsukuba, Japan

² CNRS-UM2 LIRMM, Montpellier, France

³ CNRS LAAS, Toulouse, France

kheddar@lirmm.fr

Introduction

Cette présentation relate l'expérience acquise dans l'intégration de différents composants qui a été réalisée dans le cadre du projet FP6 ROBOT@CWE et présente le démonstrateur qui a été réalisé pour illustrer les différents développements scientifiques.

Enjeu du projet ROBOT@CWE

Le but du projet ROBOT@CWE est de montrer la possibilité pour des robots de type humanoïdes d'être intégrés à un environnement de travail collaboratif. Supposons que l'on souhaite utiliser un humanoïde comme « agent » de travail dans un chantier. On suppose que l'entreprise BTP en charge du chantier dispose d'une application qui gère les tâches au quotidien pour l'avancement du chantier et qui les assigne aux agents de divers métiers. Le robot pourrait alors se connecter à cette application et prendre connaissance des tâches qui lui sont attribuées afin de les exécuter et de rendre compte au système de leurs réalisations effectives ou d'éventuels problèmes rencontrés. Il s'agit donc de pouvoir établir une interface entre une architecture robotique et une architecture de travail collaboratif dépendant d'un contexte applicatif.

Démonstrateur

Le démonstrateur de ROBOT@CWE utilise l'environnement de travail collaboratif logiciel BSCW développé dans le cadre d'un projet CE intégré eCoSPACE¹. BSCW offre des outils simples pour organiser le travail dans un cadre collaboratif. L'usage de BSCW a été dicté par le fait que les deux projets soient dans le même call, car il n'a pas été conçu avec l'éventualité qu'un « agent collaborant » soit un robot. BSCW est utilisé dans notre démonstrateur pour spécifier une mission au HRP-2. Les partenaires industriels (dont un du BTP) ont suggéré quatre modes opératoires pour HRP-2 chaque mode est induit par la nature de la tâche à réaliser :

1. *le mode autonome* est exécuté par HRP-2 sans assistance humaine en situation normal ; e.g. dans le démonstrateur, la tâche aller à un endroit spécifié enclenche une planification de trajectoire faite avec KineoWorks et le robot est sensé donc se débrouiller seul ;
2. *le mode téléopéré* est exécuté par HRP-2 avec un contrôle total d'un autre agent ; dans le projet, nous avons réalisé un mode

téléprésence avec notre partenaire allemand (équipe de M. Buss) à TUM. Le contrôle en mode téléprésence avec rendu multi-sensoriel et présence d'un collaborateur humain sur le site (cf. mode suivant) a mis en évidence des problèmes de recherche nouveaux dans le domaine ;

3. *le mode collaboratif haptique* dans lequel une tâche est exécuté en coopération avec un opérateur humain : HRP-2 et un agent humain sont en interaction physique et donc co-localisés ; la coordination marche manipulation du HRP-2 a nécessité de revoir la génération de pas et établir le lien avec le projet R-Blink ;
4. *le mode transfer de compétence* est exécuté hors-ligne, il s'agit essentiellement d'apprentissage du HRP-2 dans lequel nous avons étroitement collaboré avec l'équipe de A. Billard à l'EPFL.

Ces modes opératoires ont été intégrés dans un scénario de transport et montage d'un objet sur un chantier fictif (laboratoire) et seront discutés.

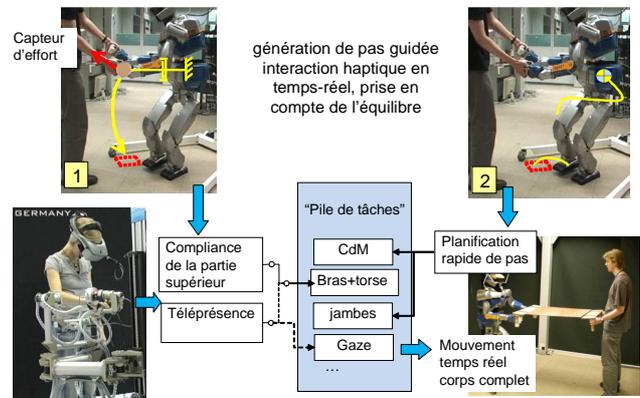


Figure 3: Une partie de l'architecture de ROBOT@CWE.

La Fig.1 montre l'architecture intégrative pour le démonstrateur (modes opératoires 2 et 3).

Conclusion

L'intégration d'un humanoïde aux contextes applicatifs est un enjeu majeur qui ouvre la voie à une autonomie vue sous l'angle d'un usage concret.

Principales références bibliographiques

<http://www.robot-at-cwe.eu>

¹ www.ip-ecospace.org

SESSION PLENIERE

Projet ROMEO

ROMEO : un humanoïde pour l'action et la communication

GELIN R.¹

¹ Aldebaran Robotics
rgelin@aldebaran-robotics.com

Introduction

Depuis Janvier 2009, le projet FUI ROMEO rassemble 13 partenaires, laboratoires et industriels, pour la réalisation d'un robot humanoïde de grande taille doté de capacités de locomotion, de navigation et de communication qui devraient pouvoir démontrer la faisabilité d'applications domestiques par un robot anthropomorphe. La présentation se propose de faire un point, à mi-parcours, sur l'avancement du projet, notamment sur la conception mécanique, la commande et les interactions homme-robot.

Les objectifs du projet ROMEO

En initiant, avec le pôle de compétitivité Cap Digital, le projet ROMEO, Aldebaran Robotics avait pour objectif de démontrer l'excellence de la France dans le domaine de la robotique en général et la robotique humanoïde en particulier. Pour cela, la jeune société française, qui produit le petit robot humanoïde Nao, s'est fixé, à elle et à ses partenaires, des objectifs ambitieux : non seulement, grâce à sa taille d'1,40m, le robot sera capable de réaliser des tâches du quotidien pour aider, à son domicile, une personne en situation de perte d'autonomie, mais, à l'instar de Nao, ROMEO doit aussi remplir un rôle de compagnon pour stimuler et soutenir les capacités cognitives de la personne avec laquelle elle vit. Les défis à relever étaient donc tout autant des défis en termes de conception mécatronique et de commande qu'en termes d'interaction homme-machine. Les deux grandes communautés qui alimentent la recherche en robotique peuvent se retrouver dans ce projet.

Avancement

Non content d'être un exemple d'intégration transversale de technologies robotique, ROMEO veut aussi réaliser quelques ruptures technologiques. Nous souhaitons notamment qu'il soit commandable en effort, via une vraie commande dynamique à la différence des commandes cinématiques généralement utilisées sur les robots humanoïdes. A cette fin, nous avons utilisé pour les jambes les actionneurs réversibles conçus par le CEA LIST. Un travail particulier a été effectué par Aldebaran pour minimiser le poids des moteurs des jambes en intégrant un système d'équilibrage et un engrenage original. Afin de pallier l'impression de raideur dégagée par les robots humanoïdes, nous avons décidé de doter le robot d'une colonne vertébrale flexible. Aldebaran a réalisé une première maquette d'une solution basée

sur des joncs en fibre et un actionnement parallèle par câbles. La tête est équipée des capteurs tactiles du CEA et d'une antenne de 16 micros dont 2 installés au fond de pavillons auditifs et qui seront utilisés par Telecom ParisTech pour faire de la séparation de sources sonores. Les yeux mobiles sont animés par un système d'actionnement conçu par le LPPA du professeur Berthoz pour mettre en œuvre le principe de la locomotion guidée par le regard. Un modèle dynamique du robot a été développé par Aldebaran avec le LISV et l'INRIA pour tester les premiers éléments de commande et dimensionner les moteurs qui animeront le robot. Le LAAS a développé des algorithmes de planification de mouvement du corps complet qui permet à ROMEO de déclencher des pas pour permettre la saisie d'objets hors de son volume de travail.



Figure 4: ROMEO en action

De son côté, le LIMSI a réalisé des enregistrements avec des pensionnaires de l'Institut de la Vision et avec des enfants afin de réaliser un corpus qui sera utilisé pour la détection d'émotions dans la voix des locuteurs. Acapela a amélioré les performances de sa reconnaissance de la parole. Ce seront deux entrées qui seront utilisées par le gestionnaire de dialogue de As An Angel et le niveau décisionnel développé par Spirops. Voxler, de son côté, a intégré son moteur de reconnaissance de mélodies qui permettra à ROMEO de jouer avec son utilisateur.

Conclusion

Le projet ROMEO, financé par la DGCIS, la région Ile de France et la ville de Paris, a été félicité par ses bailleurs lors du point d'avancement à un an. En septembre, une première version du robot sera assemblée et les modules logiciels y seront intégrés pour les premières validations.

SESSION Vision

Animateur : Fathi Ben Ouezdou (LISV)

Commande par vision d'un robot redondant multi bras : Manipulation à deux bras avec le HRP2

Abou Moughlbay A.¹, Martinet P.¹, Mansard N.²

¹ LASMEA, Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand

² LAAS, Université de Toulouse

Amine.abou_moughlbay@univ-bpclermont.fr

La commande d'un robot multi-bras redondant pose le problème de l'exécution simultanée de plusieurs tâches robotiques: commande des bras, commande de la base (si la base est mobile), positionnement optimal des capteurs extéroceptifs... L'approche développée actuellement repose sur le formalisme des tâches redondantes appliqué au cas particulier du robot HRP2 pour lequel il est important de contrôler les deux jambes, les deux bras, la tête et le bassin.

Nous étudions le cas de la manipulation à deux bras d'un objet pour lequel il est nécessaire de définir différentes tâches robotiques référencées capteurs : commande du bras gauche (manipulation/saisie), commande du bras droit (manipulation/saisie), commande de la tête (visibilité), commande du bassin (équilibre), commande des pieds (stabilité/marche). Pour cela nous avons définis un ensemble de points de contrôle sur le robot et associés à chacun des fonctions de tâches particulières.

La stratégie de commande repose sur l'utilisation du formalisme de tâches redondantes hiérarchiques afin de s'assurer que chacune des tâches est compatible avec les autres tout en respectant une hiérarchie préétablie. Nous utilisons le concept de «Pile de Tâches» défini dans [1].

Dans ce cadre, nous étudions les tâches de manipulation des objets rigides et articulés à l'aide d'un ou de plusieurs bras d'un robot simultanément, et les tâches de visibilité qui ont pour but de contrôler les articulations de la tête et du corps du robot pour que l'espace d'interaction entre le robot et son environnement reste dans le champ de vision du premier.

Dans le cas de cet exposé, nous présenterons comment nous avons traité le cas de la manipulation d'un objet rigide mettant en œuvre les deux bras du HRP2. Pour contrôler

les différents points du robot, on utilise l'asservissement visuel. Afin de suivre et localiser les mains du robot et l'objet à manipuler, nous utilisons les outils de ViSP développés par E. Marchand [2]. Nous présenterons des résultats obtenus en simulation avec la plateforme logicielle OpenHRP3 et également sur le robot HRP2 du LAAS (Fig. 1).



Figure 5: Expérimentations sur HRP2

Références

[1] Mansard, N., et al. A Versatile Generalized Inverted Kinematics Implementation for Collaborative Working Humanoid Robots: The Stack of Tasks. International Conference on Advanced Robotics. ICAR 2009, Pages 1-6.

[2] Marchand, E., Spindler, F. and Chaumette, F. Visp for visual servoing: a generic software platform with a wide class of robot control skills. IEEE Robotics and Automation Magazine, vol. 12, no. 4, pp. 40- 52, 2005.

Deux approches pour l'asservissement visuel de la marche

Dune C.¹, Herdt A.², Stasse O.¹, Wieber P.-B.², Yoshida, E.¹

¹ CNRS-AIST, JRL

² INRIA-Rhone Alpes, Bipop
 claire-dune@aist-go-jp

Introduction

Les robots humanoïdes sont conçus pour être déployés en environnement humain. Pour s'adapter à cet environnement non structuré et dynamique, ils doivent disposer de capacités de perception. Au cours de l'exposé, nous présenterons deux méthodes d'asservissement visuel de la marche permettant d'atteindre une position désirée en étant robuste aux perturbations.

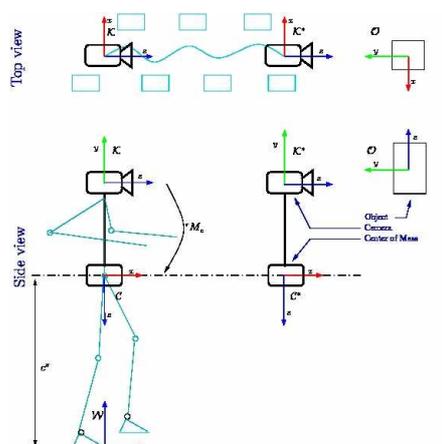


Figure 6: Control of the walk by visual servoing.

Etat de l'art

La plupart des travaux portant sur la marche réactive et qui utilisent des informations visuelles suivent trois étapes : perception, décision puis action. Une caméra acquiert des informations visuelles, le chemin à suivre est planifié sur un horizon de temps, les positions des pieds sont fixées, les trajectoires du centre de masse (CoM), du centre de pression (CoP) en sont déduites et les trajectoires articulaires sont calculées par cinématique inverse. Ce schéma peut être exécuté suffisamment rapidement pour localiser un escalier en temps réel et le gravir [1]. Cependant, une fois les positions des pieds fixées, elles ne peuvent plus être modifiées. Ces méthodes ne permettent pas de réagir à une modification brutale de la consigne ou à des perturbations extérieures.

Récemment, Herdt et al [2] ont proposé une nouvelle formulation du contrôle prédictif proposé par Kajita et al [3] : les positions des pieds sont des variables libres et les mouvements de marche générés garantissent que le centre de masse suit une vitesse moyenne donnée en référence. Cette formulation ouvre la voie à une commande réactive de la marche référencée vision.

Asservissement visuel instantané de la marche avec prise en compte du balancement

La vitesse de référence du CoM peut être donnée par asservissement visuel, en suivant la méthode proposée par Courty et al. [4]. La marche induit une oscillation de la caméra qui perturbe l'asservissement visuel. Pour annuler cette perturbation, nous proposons de définir une caméra virtuelle, ayant pour trajectoire la trajectoire moyenne de la caméra. L'asservissement visuel est alors calculé pour cette caméra virtuelle en supposant que les caméras virtuelle et réelle sont confondues lorsque le robot est à l'arrêt. Cette hypothèse est vérifiée si la vitesse du CoM suit correctement la vitesse de référence, sinon un biais apparaît.

Asservissement visuel prédictif de la marche

Pour tenir compte explicitement des contraintes de la marche, nous proposons d'introduire l'erreur de l'asservissement visuel dans la fonction de coût du contrôle prédictif proposé par Herdt et al [2]. Le schéma de contrôle obtenu est un modèle prédictif non linéaire sous contraintes. Il permet de sélectionner le jerk du centre de masse et les positions des pieds qui minimisent l'erreur visuelle sur un horizon de temps. Cette méthode permet également d'introduire des contraintes visuelles, par exemple, maintenir l'objet dans le champ de vision de la caméra. Pour accélérer l'optimisation, nous proposons de linéariser la fonction de coût autour d'une trajectoire du jerk du centre de masse. Nous proposons une méthode de résolution rapide reposant sur une programmation quadratique séquentielle.

Remerciements

Le 1er auteur est financé par la Japanese Society for the Promotion of Science. Les 2^e, 3^e et 4^e auteurs sont financés par le contrat ANR-08-JCJC-0075-01.

Principales références bibliographique

- [1] P. Michel, et al. "Gpu-accelerated real-time 3d tracking for humanoid locomotion and stair climbing," in *IROS'07*, pp. 463–469.
- [2] A. Herdt, et al "Online walking motion generation with automatic foot step placement," *To appear in Advanced Robotics*, april 2010
- [3] S.Kajita, et al "Biped walking pattern generation by using preview control of zero-moment point," in *ICRA'03*, pp. 1620–1626.
- [4] N. Courty, E. Marchand, and B. Araldi, "Through-the-eyes control of a virtual humanoid," in *IEEE Computer Animation 2001*, pp. 74–83.

Designing Human Inspired SLAM for Humanoid Robots

Ramík D. M., Sabourin Ch., Madani K.

Signals, Images, and Intelligent Systems Laboratory (LISSI / EA 3956)

Université Paris-Est Creteil (UPEC)

dominik.ramik@univ-paris12.fr

Introduction

To enable autonomous operation of humanoid robots, the ability of self-localization in an unknown environment is crucial. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) techniques are attempting to resolve this problem. In spite of advances on this field so far, current solutions are not fully able to reflect the complexity of the real world. Until recently, little attention has also been paid to use of semantics or "scene understanding" in SLAM. Most of nowadays approaches are far from the human way of space perception and navigation and yet performance of humans in terms of SLAM is phenomenal. This motivates us to propose a human inspired concept of semantic SLAM based on scene analysis and usage of human language concepts for scene description. Our initial research uses Nao, the humanoid robot, in experimental verification.

Our Approach

Given the state of the art in SLAM, a relatively new research field called „semantic SLAM“ is emerging as a set of approaches to robotic mapping that make in various ways use of semantic information derived from sensor readings enhancing the mapping capability of the robot. Moreover using semantics in maps makes an eventual human-robot interaction easier and more natural for humans. As humanoid robots are expected to interact often humans, we are convinced about the pertinence of semantic SLAM in this context. In our initial research, we are inspired particularly by the human way of navigation and place description. Contrary to most current SLAM techniques, trying to capture precisely and globally the environment, the human way of doing is based on very fuzzy description and it gives preference to local surroundings of the navigation backdrop. Our goal is to develop a novel semantic SLAM technique that would rely on human spatial concepts and scene understanding provided by high level image processing. This technique is aimed to enable better autonomous navigation, than current classical SLAM solutions as well as a more natural human-robot communication. Currently we are proposing an object recognition based technique. It detects important objects in the scene by a combination of color detection and histogram based template matching. Using a set of linguistic rules (standing for prior knowledge or results of learning) it consequently determines the nature of the object. Introducing a human-inspired approach, we roughly estimate the objects distance combining its apparent size and known typical sizes it. Finally localization of objects with respect to the robot is done creating a proto-map of surroundings. To

prove the viability of our concept, a humanoid robot (Aldebaran's Nao robot) is employed in experiments carried out in the indoor environment of our laboratory.

Results

In our experiments, we require Nao to find and fetch different objects as balls, cups and beverage cans. The order is given in natural language (e.g.: "fetch a beer can"). Nao first creates a proto-map (see Fig. 1, gray circles delimit "near" and "far" zones) of objects surrounding it estimating their distance and then fetches the desired object. As Nao approaches the object, the distance estimation gets more precise and Nao can respond even to some dynamic changes in the scene (e.g. a slowly rolling ball). It turns out that our technique is reasonably precise for distance estimation and knowing the robots head pitch/yaw it even allows us to estimate superposition of objects as it is the case of the green ball lying above the blue cup on the Fig. 1.

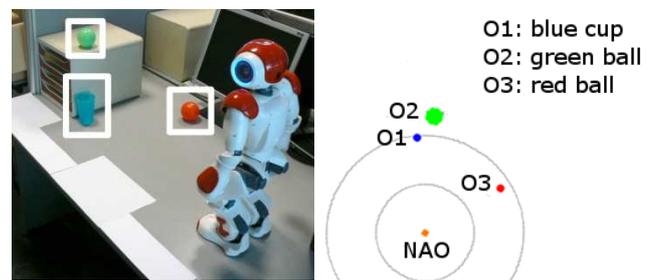


Figure 7: experimental settings with objects highlighted (left), the preliminary object map (right)

Conclusion and Further Work

We point out the pertinence of semantic SLAM for autonomous navigation and human-robot interaction with a special focus on humanoid robots. We present an initial research on our concept of human-inspired semantic SLAM with experiments carried out on the humanoid robot Nao. In our further work, we will use the robot to actively explore its environment and to create a semantic map of it using human terms and fuzzy representation. This would be achieved by learning spatial relations of important objects found in the environment.

Principal references

- [1] D. M. Ramík, C. Sabourin, K. Madani, "Towards Human Inspired Semantic SLAM", Proceedings of International Conference on Informatics in Control Automation and Robotics (IFAC/IEEE ICINCO 2008), Funchal, Madeira, Portugal, June 15 - 18, 2010. Acceptée, à paraître courant juin 2010

SESSION Préhension

Animateur : Marc Arsicault (Institut P')

Approche biomécanique des interactions entre les doigts pour différentes conditions de production de force

QUAINE F.¹, PACLET F.¹, COLLOUD F.², VIGOUROUX L.³

¹ GIPSA-Lab, Grenoble ; ² Institut PRIME, Poitiers ; ³ Mouvement et Perception, Marseille
franck.quaine@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Introduction

La compréhension du mouvement humain implique la connaissance des forces musculaires (actionneurs). Ces forces sont difficilement mesurables (limites techniques et éthiques) et leur estimation constitue un verrou scientifique en Physiologie, Neurosciences, Biomécanique...

Au niveau de la main, cette difficulté s'exprime par la redondance des effecteurs (doigts), des articulations (ddl) et par le sur-actionnement du système (nb ddl ≤ nb muscles).

En statique, redondance digitale et musculaire posent des problèmes de résolution très similaires [1]. Dès lors, l'analyse des forces de réaction des doigts apparaît comme un outil pertinent facile à mettre en œuvre pour mieux comprendre le fonctionnement du système. Notre démarche expérimentale est basée sur l'analyse des forces produites par les doigts dans différentes conditions de réalisation.

Cette démarche trouve des applications dans les domaines de la motricité, du contrôle des prothèses, de la main robotique et de l'ergonomie de l'outil. Ici, les contextes applicatifs présentés concernent le sport (escalade) et la santé (restauration de la motricité par transfert tendineux).

Méthodes

La plate-forme expérimentale « l'homme en mouvement » de Gipsa-Lab est utilisée. Les forces de réaction de chaque doigt et les angles articulaires sont mesurés. Les paramètres du tableau 1 sont retenus.

$F^{IMRL} = \sum F_i^{IMRL}$	Force à 4 doigts
$R_i = \frac{F_i^{IMRL}}{F^{IMRL}} \cdot 100\%$	Modèle de partage
$F_{d_i} = \frac{F_{i_{max}} - F_i^{IMRL}}{F_{i_{max}}} \cdot 100\%$	Déficit de force
$L_{In} = \frac{\sum F_i^{IMRL} \cdot L_i}{F^{IMRL}}$	Ligne neutre (où les moments des forces des doigts s'annulent)

Tab1 : Paramètres analysés. i = I, M, R, L ; $F_{i_{max}}$ est la force maximale produite pour des tâches à un doigt.

A partir d'une condition de référence arbitraire (main à plat, forces de pression verticales vers le bas,

REF dans Fig.2), le système est perturbé selon les modalités suivantes :

- ≠ muscles impliqués dans la production de force : Escalade (techniques de préhension). Transfert tendineux (suppression du FDS_{4ième})
- ≠ sens de la force : en flexion et en extension
- ≠ sites : application de la force sur la phalange distale versus proximale
- ≠ ddl au poignet : équilibrage en prono-supination et abduction-adduction.

Résultats

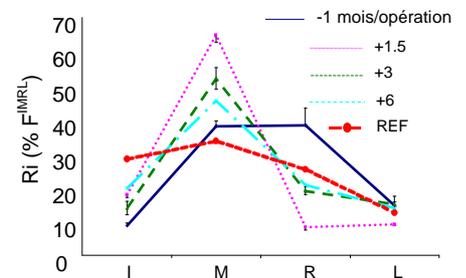
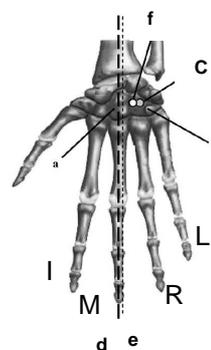


Figure 8: Localisation de LN [2] Figure 2 : Ri chez un patient transféré tendineux

La Fig.1 indique que la ligne neutre reste stable (e et f) et proche des axes fonctionnels de la main (d et c) pour ≠ préhensions en escalade et ≠ ddl au poignet.

La Fig.2 montre l'évolution de R_i sur 6 mois postopératoires après suppression du FDS de R. La tendance indique un retour à une distribution observée chez des sujets sains.

Conclusion

Le principe de minimisation des moments secondaires (ligne neutre) semble un bon candidat comme modèle de fonctionnement du système : l'objectif serait de s'organiser en jouant sur R_i et F_{d_i} pour conserver L_{In} stable.

Principales références bibliographiques

- [1] Li et al. Force sharing among fingers as a model of the redundancy problem. *Experimental Brain Research*, 119, 276-286. 1997
- [2] Vigouroux et al. Is the principle of minimization of secondary moments validated during various fingertip force production conditions?, *Human Movement Science*, 18: 396-407, 2008.

Préhension et manipulation dextre en robotique

Daoud N., Gazeau J.P., Arsicault M., Zegloul S.
 Institut Pprime - UPR 3346 - Département GMSC, Axe RoBioSS
 CNRS – Université de Poitiers
 nael.daoud@etu.univ-poitiers.fr

Introduction

Ce papier présente la problématique générale de la préhension et de la manipulation dextre par des mains robotiques. L'aspect mécanique de la préhension avec les propriétés liées à la prise, à la détermination des efforts de serrage afin d'assurer la stabilité de l'objet, puis la manipulation avec la planification de mouvement et le repositionnement des doigts sur l'objet sont présentées.

La synthèse de prise initiale

La stratégie de détermination d'une prise initiale se décompose en deux phases, La première concerne la phase d'approche de la main vers l'objet et la deuxième phase est la saisie de l'objet. La phase d'approche est effectuée par un système expert qui détermine la position et l'orientation de la main par rapport à l'objet en considérant les dimensions de l'objet et son poids ainsi que la tâche à réaliser (écrire, boire, visser,... etc.). Lorsque la main est dans sa configuration d'approche, une prise à trois doigts est calculée géométriquement et optimisée en utilisant un algorithme basé sur l'approche génétique ; cet algorithme optimise la prise selon ces critères:

- La minimisation des efforts de serrage ;
- La maximisation de la manipulabilité ;
- La maximisation d'éloignement des butées articulaires.

Les résultats ont été validés en simulation sous le logiciel CAO robotique SMAR [1], développé au sein de notre équipe. Ils ont ensuite été validés sur la main mécanique à 16 actionneurs dans le cadre du projet ANR ABILIS (cf. fig.1).

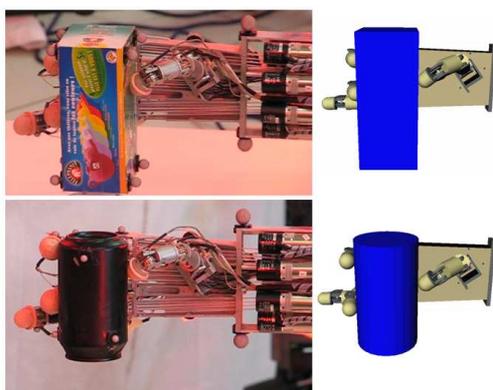


Figure 9 : Validation expérimentale après simulation sous le logiciel SMAR

La manipulation dextre

L'approche que nous développons ici est une approche essentiellement quasi-statique de la manipulation. Celle-ci peut être considérée comme une succession de petits déplacements conduisant

à des prises stables [2]. Le quatrième doigt est mis en œuvre lorsqu'un des doigts est en situation de collision et/ou atteint une limite articulaire pendant la manipulation. Une stratégie a ainsi été développée pour repositionner les doigts sur l'objet lorsque cette situation de blocage apparaît. Une succession de prises stables permet d'atteindre une nouvelle prise « libre » ou hors des limites articulaires en repositionnant successivement l'ensemble des doigts sur l'objet tout en conservant sa position et son orientation dans la main (cf. fig.2).

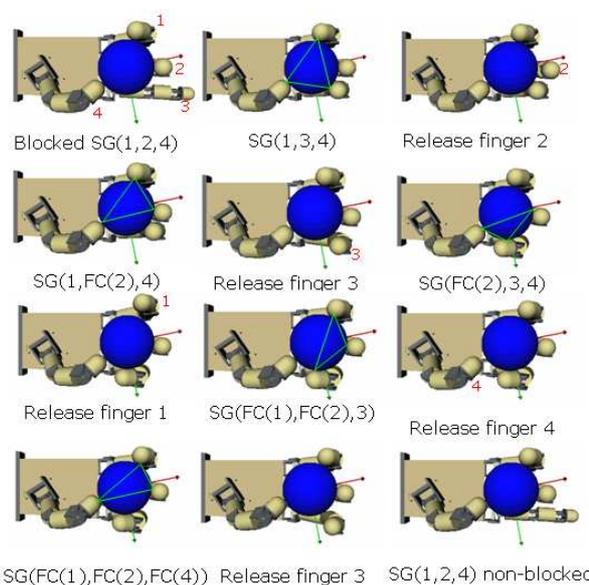


Figure 10 : Le repositionnement des doigts pour sortir d'une configuration de blocage

Conclusion

La planification du mouvement intégrant le repositionnement en cours de manipulation, couplée avec la gestion des efforts de serrage, offre une stratégie générale pour la manipulation dextre d'objets dans un contexte quasi statique. La résolution du problème de synthèse de prise initiale, actuellement à l'étude, finalisera cette stratégie.

Principales références bibliographiques

- [1] S. Zegloul, B. Blanchard, M. Ayrault, "SMAR: A robot modeling and simulation system", *Robotica* 15 (1), 63-73 (1997).
- [2] J.P. GAZEAU, S. ZEGHLOUL, G. RAMIREZ, « Manipulation with a polyarticulated mechanical hand: a new efficient real-time method for computing fingertip forces for a global manipulation strategy », *Robotica*, Volume 23, pp. 479-490, 2005.

1^{ère} SESSION partenaires

Animateur : Jean-Pierre Gazeau (Institut P')



SCHUNK - Pioneer of Modular Robotics Tomorrow starts today!

Service Robotics



Public Environment



Research and Development



SCHUNK is playing a leading role in modular robotics. Our philosophy "from the individual modules to the complex robot structure" forms the basis for implementing concepts in industrial and service robotics which are designed for everyday life and are nevertheless efficient.

With compact and flexibly combinable rotary actuators, lightweight manipulators and servo-electrically actuated grippers, we are able to offer approaches to unique and modular designed special solutions.

It is our goal to provide robot modules for industrial and service applications which are flexible enough for the use in different robot applications.

It is our goal to provide robot modules for industrial and service applications that are flexible enough to be used in different robot applications.

Components

Our extensive catalogue of modular mechatronic products mirrors our competencies in Modular Robotics. From servo-electrical grippers and linear axis via driven robot joints and special light-weight robot arms to sensory and vision equipment we offer trendsetting approaches of modularly assembled customer applications.

The future of industrial and service robots lies in flexible robot structures made from building blocks.

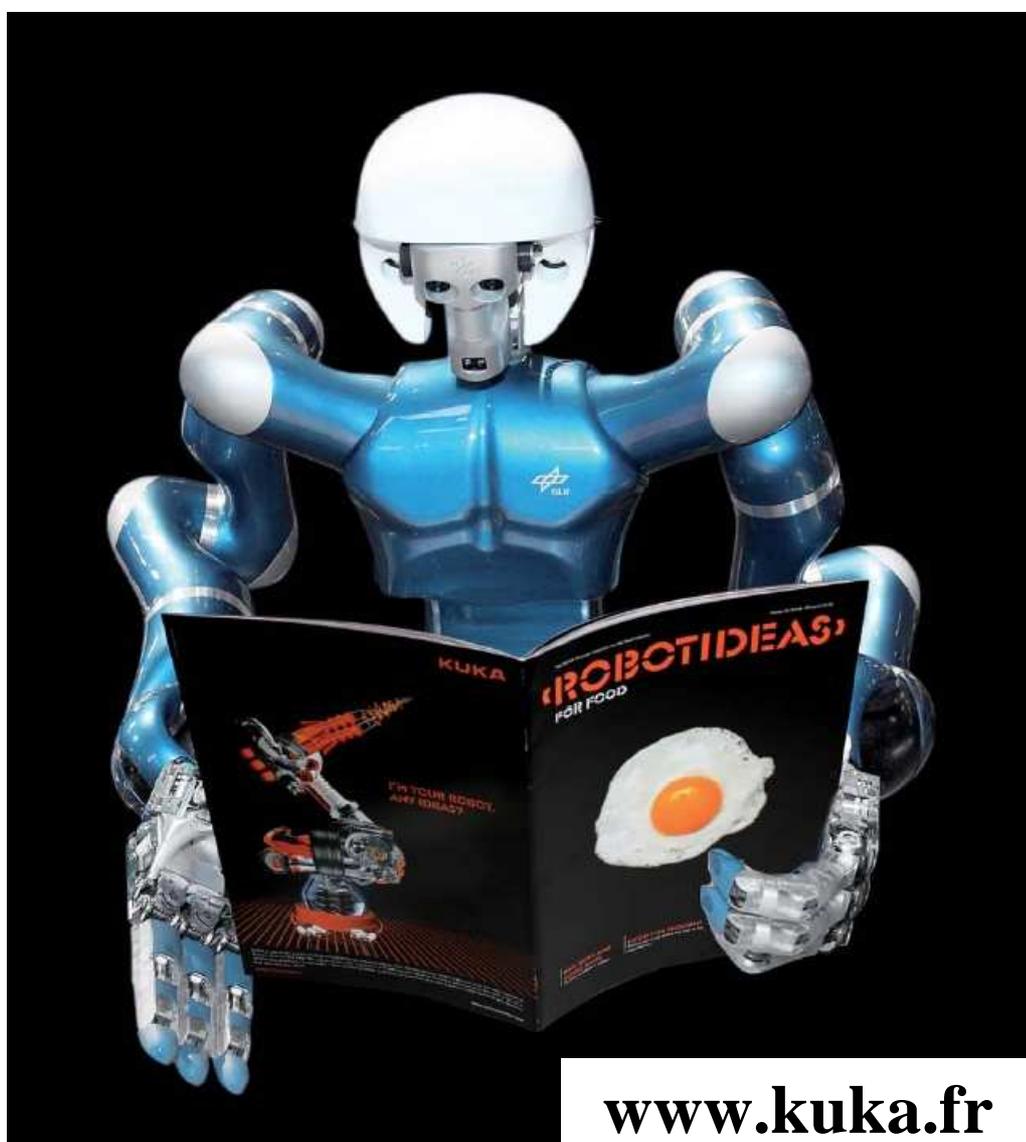
Crucial for the success of Modular Robotics are quality, price and availability of its components. Simultaneously standardization plays a vital role for establishing this technology in industry and everyday life.

That is why SCHUNK has focused on the development of robot modules as independent functional units for years. These units can be joined to complex systems via compatible and standardized interfaces.

www.schunk-modular-robotics.com

KUKA

L'INNOVATION AU SERVICE DE L'HOMME



www.kuka.fr

BRAIN VISION SYSTEMS

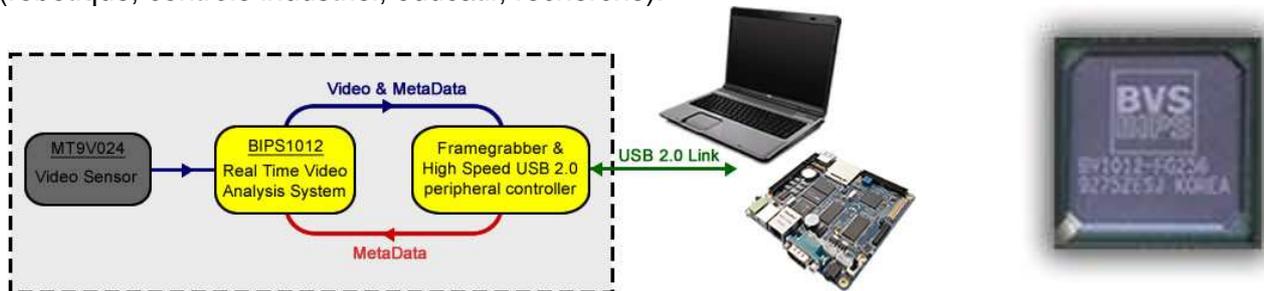
<http://www.contact@bvs-tech.com>

BIPcam le module de perception temps réel à la portée de tous



Fort de son expérience dans le domaine de la vision intelligente et du temps réel BVS (Brain Vision Systems) lance son nouveau produit la BIPcam, diminutif de Bio-Inspired Perception Camera, basée sur la technologie BIPS (Bio-Inspired Perception System) qui est un composant de traitement vidéo temps réel optimisé.

Le logiciel proposé via son API permet de construire très facilement des applications puis de les interfacer en quelques clics avec celle déjà existantes offrant ainsi un éventail de possibilité quasi-illimité et ceci dans de nombreux domaines (robotique, contrôle industriel, éducatif, recherche).



Pas moins de 12-cœurs de calcul indépendants peuvent être combinés avec une panoplie de filtres (Couleur HSL, direction, vitesse et répétition d'un mouvement, analyse de contour, de bords orientés, de courbure, etc.) le tout sur un ordinateur fonctionnant en parallèle et en temps réel.

Sa connexion USB2.0 utilisée comme source d'alimentation et de communication, sa faible consommation (2.5W) ainsi que son aspect temps réel ouvre de nouvelles perspectives aux intéressés.



Psikharpax, une application robotique



[2010ACLI1536] - Bernard, M., N'Guyen, S., Pirim, P., Meyer, J.A., Guillot, A., Gas, B. (2010). *A Supramodal Vibrissa Tactile and Auditory Model for Texture Recognition*.

The Eleventh International Conference on Simulation of Adaptive Behavior Meyer, Guillot, Hallam, editors Springer, publisher.

[2010ACLI1535] - N'Guyen, S. and Pirim, P. and Meyer, J.-A. (2010). *Tactile Texture Discrimination in the Robot-Rat Psikharpax*.

BIOSIGNALS 2010, Third International Conference on Bio-Inspired Systems and Signal Processing. Valencia, Spain.

[2010ACT11424] - Bernard, M. and N'Guyen, S. and Pirim, P. and Gas, B. and Meyer, J.-A. (2010). *Phonotaxis Behavior in the Artificial Rat Psikharpax*.

International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, IRIS2010. Nagoya, Japon.



BVS 23 rue du dessous des berges 75013 Paris contact@bvs-tech.com

SESSION Imitation et planification

Animateur : Florent Lamiroux (LAAS)

Identification de Tâches pour le Contrôle d'un Robot Humanoïde

S. Hak¹, N. Mansard¹, O. Stasse²

¹ LAAS-CNRS, ² CNRS-AIST JRL

sovannara.hak@laas.fr

Introduction

Nous présentons une méthode pour effectuer une imitation rapide pour un robot humanoïde. L'originalité de notre approche est d'exploiter l'espace des tâches du robot afin de résoudre simultanément l'identification et la réplication, de manière à pouvoir se passer de la phase de déformation habituellement requise pour passer du modèle imité au modèle imitant. Nous envisagerons deux scénarios d'imitation. Dans le premier cas, un robot imitera un robot (les modèles imité et imitant sont les mêmes), et dans le second, un robot imitera un humain (modèles différents).

Pile de Tâches

Notre méthode repose sur les propriétés du formalisme de fonction de tâche [1]. Définir le mouvement d'un robot en termes de tâches revient à choisir plusieurs lois de commande à appliquer à différents sous-espace des degrés de liberté du robot. Les lois de commande à appliquer au robot se décomposent en deux parties. Une partie principale qui permet d'obtenir le mouvement désiré (tâche principale); et une partie secondaire qui permet d'appliquer une commande secondaire (par exemple une autre tâche) sans perturber la tâche principale. Ce découplage est garanti par l'introduction d'un projecteur vectoriel dans le noyau (ou espace nul) de la tâche principale qui permet d'annuler les composantes de la commande secondaire perturbant la tâche principale. Cette notion de projection, transposée à la reconnaissance, est le point central de notre méthode de détection de tâche.

Une implémentation complète de l'approche est présentée dans [2] sous le nom de *Pile de tâches*. Cette structure permet d'ajouter ou de retirer des tâches, ou d'échanger l'ordre priorité de deux tâches pendant le contrôle tout en assurant une continuité de la loi de commande.

Imitation

Le problème de l'imitation peut se décomposer en deux phases : la reconnaissance de ce qu'il faut imiter, et ensuite la réplication [3]. Une autre approche consiste à déformer le mouvement du modèle imité afin de l'adapter au modèle du répliquant [4]. Au contraire, nous choisissons de supposer que le mouvement est généré par une pile de tâches. Dans ce cas, imiter un mouvement revient pour l'imitateur à identifier puis exécuter la pile de tâches correspondante. La reconnaissance s'effectue sur les contrôleurs, et donc l'application directe de ce qui est reconnu accompli l'imitation.

L'idée directrice pour l'identification de la pile de tâches est de détecter itérativement la tâche la plus pertinente lors d'un mouvement, puis d'annuler cette tâche en projetant le mouvement dans le noyau de la tâche jusqu'à l'annulation totale du mouvement, c'est-à-dire, l'identification complète de la pile de tâches.

La détection d'une tâche consiste à sélectionner parmi un ensemble de tâches connues celle qui est la plus adaptée à la situation. Il s'agit ensuite de trouver les paramètres de son modèle analytique qui vont ajuster au mieux les données de mouvements grâce à une optimisation par les moindres carrés. L'erreur résiduelle de cet optimisation est utilisée pour déterminer si le mouvement a été engendré par une tâche ou non.

Nous présentons deux modèles de tâches qui correspondent à deux scénarios d'imitation. Pour une imitation robot-robot (le mouvement à imiter étant généré par une pile de tâches), une tâche est modélisée par une décroissance exponentielle. Pour une imitation humain-robot, le modèle de tâche proposé correspond à un mouvement de type *minimum jerk*, observé dans [5] comme étant un mouvement naturel humain.

Conclusion

Notre méthode de détection permet de déterminer si un mouvement est volontaire ou au contraire n'est qu'un effet de bord d'un autre mouvement et qui par conséquent n'est pas d'une grande importance pour l'imitation. Ceci est illustré par la différenciation de deux mouvements qui semblent identique, mais qui dans un cas est issu d'un mouvement contrôlé. Ces travaux de détection et d'identification de tâches serviront de base pour la réalisation d'une imitation réactive de séquences de mouvements dynamique en y intégrant des techniques d'apprentissage. Ces travaux sont soutenus par le projet R-Blink, contrat ANR-08-JCJC-0075-01.

Principales références bibliographiques

- [1] C. Samson, M. Le Borgne, B. Espiau. Robot control : The task Function Approach. Clarendon Press, Oxford, UK, 1991.
- [2] N. Mansard, F. Chaumette. Task Sequencing for sensor-based control. Transactions on Robotics, Février 2007.
- [3] L. Dongheui, Y. Nakamura. Probabilistic Model of Whole-Body Motion Imitation from Partial Observations. ICAR, Seattle, WA, USA, Juillet 2005.
- [4] W. Suleiman, E. Yoshida, F. Kanehiro, J.P. Laumond, A. Monin. On Human Motion Imitation by Humanoid Robot. ICRA, Pasadena, California, USA, Mai 2008.
- [5] T. Flash, N. Hogan. The coordination of arm movements : An experimentally confirmed mathematical model. Journal of Neuroscience, 1984.

Planification et adaptation rapide de mouvements sûrs pour les robots humanoïdes

Lengagne S.^{1,2}, Ramdani N.^{2,3}, Fraise P.²

¹ CNRS-AIST JRL, Tsukuba Japan.

² LIRMM UMR 5506 CNRS, Univ. Montpellier 2, France.

³ CERTES EA 3481 Univ. Paris Est Créteil, France.

sebastien.lengagne@aist.go.jp

Introduction

La planification de mouvements sûrs, assurant équilibre, intégrité et sécurité pour les robots humanoïdes pendant toute la durée d'un mouvement a été très peu étudiée dans la littérature. Dans cette présentation, nous détaillerons deux nouvelles méthodes que nous avons développées récemment en utilisant l'analyse par intervalles pour (i) planifier de tels mouvements sûrs, puis (ii) les adapter, c'est-à-dire les re-planifier très rapidement afin de réagir à des situations nouvelles non prévues. Ces travaux ont été présentés dans [1].

Planification de mouvements sûrs

Notre méthode de planification de mouvements sûrs [2] utilise une discrétisation par intervalles afin de garantir la sécurité et l'équilibre du robot pendant toute la durée du mouvement, et ce contrairement aux méthodes classiques qui utilisent une discrétisation par grille temporelle et n'apporte aucune garantie quant au respect des contraintes entre deux points de la grille. Les méthodes classiques peuvent donc conduire à des mouvements dangereux pour le robot. Ce nonobstant, notre première méthode s'est avérée très gourmande en temps de calcul. Aussi nous avons développé une méthode hybride qui résout le problème de manière itérative. Des mouvements sont générés par une méthode classique, puis une étape de validation a posteriori utilisant une discrétisation par intervalles quantifie l'amplitude de violation des contraintes. Les contraintes sont ensuite pénalisées en utilisant cette amplitude, puis la procédure est ré-itérée jusqu'à obtenir un mouvement sûr. Notre méthode permet l'obtention d'un mouvement sûr pour un temps de calcul total seulement 20% supérieur à celui des méthodes classiques. Notre méthode nous a permis de réaliser une expérimentation de suivi de cible pour le robot HOAP-3 (cf Figure 1), à partir d'un ensemble de mouvements calculés hors ligne, sans utiliser de système de contrôle de l'équilibre pour le robot humanoïde.

Adaptation rapide de mouvements sûrs

Pour être utilisées en ligne, les méthodes de planification de mouvements doivent fournir un résultat après un temps de calcul de l'ordre de la seconde. Dans [3], nous proposons une méthode d'adaptation rapide de mouvements sûrs et l'appliquons à la re-planification d'un mouvement de

coup de pied. Des mouvements sûrs sont générés hors ligne pour un jeu de positions connues pour la balle. Si la position réelle de la balle est différente de la position prévue, les performances du coup de pied seront nécessairement dégradées. Pour pouvoir adapter le mouvement enregistré, nous calculons, au voisinage du mouvement sûr disponible, un ensemble de mouvements possibles qui assurent la sécurité du robot. Nous présenterons la méthode pour calculer cet ensemble. L'adaptation du mouvement est ensuite obtenue en cherchant une solution dans cet ensemble sans avoir à re-calculer les contraintes non linéaires liées à l'équilibre ou aux couples. Notre méthode fournit un résultat après un temps de calcul de 1,5 seconde. Notre méthode de re-planification rapide peut donc être utilisée en ligne.

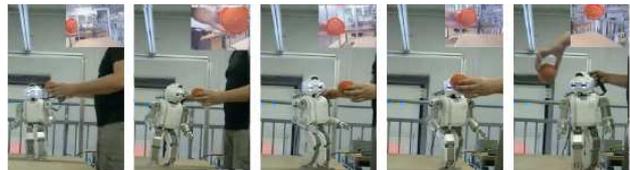


Figure 1 : Suivi de cible, les mouvements sont générés hors ligne et sont exécutés sans système de contrôle de l'équilibre.

Conclusion

Les méthodes de planification et re-planification rapide de mouvements sûrs pour les robots humanoïdes ont été validées expérimentalement à l'aide du robot HOAP3. Nous nous sommes intéressés au mouvement des membres inférieurs. Dans nos travaux futurs nous aborderons une planification de mouvements du corps complet. Nous étudierons aussi la possibilité de générer des mouvements sûrs en tenant compte de la présence d'incertitudes.

Principales références bibliographiques

- [1] Lengagne S., Planification et re-planification de mouvements sûrs pour les robots humanoïdes. *Thèse - Université Montpellier II*, 21 octobre 2009.
- [2] Lengagne S., Ramdani N., Fraise P., Safe motion planning computation for databasing balanced movement of Humanoid Robots. *ICRA 2009* p 1669-1674,
- [3] Lengagne S., Ramdani N., Fraise P., Planning and fast re-planning of safe motions for humanoid robots: application to a kicking motion. *IROS 2009* p 441-446.

Imitation en ligne du mouvement humain par HRP2

Montecillo-Puente F.-J., Laumond J.-P.

CNRS, LAAS

Université de Toulouse ; UPS, INSA, INP, ISAE

fmonteci@laas.fr

Introduction

Un des problèmes le plus abordés dans la robotique humanoïde est la génération des trajectoires articulaires pour robots humanoïdes pour accomplir un comportement ou une tâche particulière. Dans la littérature, des résultats concernant la synthèse de la marche, la synthèse de mouvement naturel, et la reproduction de mouvement naturel ont été rapportés. Généralement, ces problèmes sont résolus en utilisant des techniques d'optimisation, la cinématique inverse, ou des méthodes d'apprentissage, parmi d'autres. En plus, le calcul des trajectoires articulaires est normalement fait hors ligne. Dans ce travail, nous étudions la problématique de la génération de mouvement en ligne. En particulier, l'imitation de mouvement humain par le robot humanoïde HRP2.

Modélisation de mouvement humain

Pour enregistrer le mouvement humain, nous utilisons un système de capture de mouvement. Le mouvement humain peut-être donné comme un ensemble de positions tridimensionnelles ou de trajectoires articulaires associées à un squelette. Des mouvements enregistrés ont été utilisé pour animer des acteurs digitaux ou engendrer des mouvements pour des robots humanoïdes. Dans [1], les auteurs ont proposé une entité intermédiaire qui permet d'animer des acteurs digitaux avec des squelettes différents. Une de ses idées principales est que chaque bras forme un plan; défini par la position des trois articulations: poignet, coude et épaule. Nous étendons cette idée des plans pour représenter le mouvement humain, appelé modelé humanoïde normalisé. Dans un premier temps, le mouvement humain est donné par un ensemble de positions des marqueurs. Ces positions sont échelonnées par rapport à la taille du robot. Après, nous formons des plans pour les bras, le torse, la tête et le bassin. Finalement, le mouvement humain est représenté par des positions et des orientations pour quelques parties du corps. La tête, la main gauche et la main droite sont représentées par des positions. Par exemple, le mouvement de la main droite est représenté par la position du marqueur collé à la main droite de l'acteur. La posture des bras, l'orientation de la tête, l'orientation du torse et l'orientation du bassin sont représentés par des vecteurs d'orientation. Par exemple, la posture du

bras droit est donnée par le vecteur normal au plan formé par le bras droit de l'acteur.

Imitation du mouvement humain par HRP2

Nous utilisons une approche basée sur la cinématique inverse avec priorité [2] pour générer le mouvement pour le robot HRP2. Tout d'abord, une pile de tâches avec priorité a été définie à l'avance. Notre pile de tâches en ordre descendant de priorité est: 1) tâche sur la position et l'orientation de pied droit ou pied gauche (au moins un doit être fixe par terre), 2) tâche sur la position de la projection du centre de masse au sol, 3) tâche sur la position de la tête, 4) tâche sur la position de la main droite et posture du bras droit (une seule tâche de type transformation homogène), 5) tâche sur la position de la main gauche et posture du bras gauche, 6) tâche sur l'orientation du torse, 7) tâche sur l'orientation du bassin. Pour chaque tâche la cible est un élément du modèle humanoïde normalisé, hormis pour la tâche du centre de masse qui est très importante pour garder l'équilibre du robot. Dans ce cas, la cible est la sortie d'un modelé d'anticipation du centre de masse. Si l'humain soulève un pied, le robot doit se préparer à l'avance pour garder son équilibre. Notre modèle d'anticipation fait cette fonction en déplaçant le centre de masse par rapport à la position de la tête de l'acteur et la position actuelle du centre de masse. Nous avons validé notre approche en deux scénarios: 1) le robot imite un acteur qui danse, et 2) le robot imite un acteur qui soulève un des ses pieds.

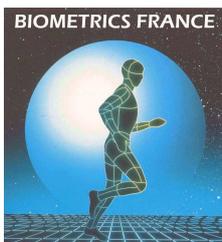
Conclusion

Le modelé humanoïde normalisé nous permet d'imiter un ample champ de mouvements humains en gardant les caractéristiques naturelles du mouvement. En plus, la boucle de génération de mouvement à une latence de 30 ms.

Principales références bibliographiques

- [1] Multon F., Kulpa R., and Bideau B., Mkm: A global framework for animating humans in virtual reality applications. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 17(1):17–28, 2008.
- [2] Siciliano B. and Slotine J., A general framework for managing multiple tasks in highly redundant robotic systems., *IEEE International Conference on Advanced Robotics*, pages 1211–1216, 1991.

SESSION Démonstration
BIOMETRICS et SENSIX



BIOMETRICS France

La société Biometrics France est présente dans les domaines de la recherche, de la clinique, de la rééducation, de l'ergonomie et du sport. Elle est spécialisée dans l'analyse tridimensionnelle du mouvement :

- système optoélectronique d'analyse 3D du mouvement Vicon (GB) 
- système d'analyse 3D du mouvement par ultra-sons Zebris (DE) 
- système d'analyse des paramètres spatio-temporels de la marche GAITRite (USA) 
- les plates formes de force Biomécanique AMTI (USA) 
- les plates formes et tapis roulant Zebris (DE) 
- système EMG WiFi sans Fil : Zero Wire de la société AURION (IT) 
- système EMG sans Fil : Myon de la société Myon (CH) 
- nappes de capteurs pour détermination des appuis et prévention des escarres FSA (CA) 
- systèmes d'acquisition de données électro-goniométriques, EMG, accélérométriques, DataLink et DataLog – Biometrics Ltd (GB) 
- Système EMG Motion Lab Systems (USA) 
- Logiciel de modélisation Musculo-squelettique AnyBody (DK) 
- Logiciel d'analyse 2D du mouvement Contemplas (DE) 
- testing musculaire avec Microfet – Biometrics Europe (NL)

BIOMETRICS France - Parc Orsay Université - 28 rue Jean Rostand - 91893 Orsay Cedex

☎ : 01 60 19 34 35 - 📠 : 01 60 19 35 27

www.biometrics.fr

Le choix du sur-mesure, de l'adaptation et de l'intégration.



SENSIX conçoit et commercialise des capteurs et des plateformes de force de haute précision.

Etendue de mesure adaptée à l'utilisation

› aide à la rédaction du cahier des charges en termes d'étendue de mesure ce qui permet d'accroître la précision de la mesure par rapport à une offre sur catalogue.

Encombrement sur mesure

› en terme de dimensions et de formes (sous une pédale, une semelle, chemin de marche, tapis roulant..). Pour la même étendue de mesure, les capteurs prennent la forme et les dimensions les mieux adaptées à votre dispositif.

Solution d'intégration

› Sensix propose de prendre en charge la conception et la fabrication des pièces permettant l'intégration des capteurs dans le dispositif à instrumenter.

Interface informatique

› paramètres définis par l'utilisateur
 › possibilité d'acquisition par PDA interfacé (solution optimale pour la mobilité et l'acquisition en temps réel)

Les cartes de conditionnement

› Nombre de voies de mesure à définir avec l'utilisateur (ce qui permet d'associer les capteurs Sensix à d'autres outils de mesure)
 › Avec ou sans amplification
 › Traitement du signal à définir avec l'utilisateur
 › Soit sous forme de boîtier soit intégrées à l'intérieur des capteurs

www.sensix.fr

SESSION Humain

Animateur : Patrick Lacouture (Institut P')

Comparison of Capture Point estimation with human foot placement : Applicability and Limitations

Aftab Z.^{1,2}, Wieber P.B.², Robert T.¹,

¹ Université de Lyon, INRETS, UMR_T9406, LBMC, Université Lyon 1

² Equipe Bipop, INRIA Rhone-Alpes
zohaib.aftab@inrialpes.fr

Introduction

For bipeds like humans, taking a step to recover its balance is fundamental. The question that arises is the location where the biped should step. Pratt et al. [1] developed an algorithm to estimate the so-called *Capture Point*, a point on ground where a robot can step in order to bring itself to a complete stop. The objective of the current work is to test the applicability of the algorithm for the prediction of step location in humans under perturbed state.

Method

Healthy volunteers were subjected to a platform translation lasting 400ms and large enough to induce compensatory step(s) [2]. 8 volunteers participated in a first series of experiments where a large space was provided for the subjects in front of them to take several steps. Among them, 4 participated in a 2nd series, where the space was limited to about 800 mm (the average stepping distance observed in the 1st series). Ground reaction force and kinematics were recorded, body segments inertial parameters were estimated using regression tables and the experimental whole body center of mass (CoM) position and velocity were computed.

The capture point algorithm [1] considers a linear inverted pendulum model to calculate a unique capture point corresponding to the *instantaneous* state of the robot (i.e. CoM position and velocity). In addition a flywheel centered at the CoM is used to represent the upper-body rotational inertia characteristics. It enlarges the capture point to a *Capture Region*. The model assumes the *instantaneous* foot placement at the capture point/region with no time-delay.

The capture point was estimated at two key instants (the step initiation and impact of the foot on ground) using the CoM data from the experiments. The size of the capture region was calculated assuming Bang-Bang torque profile [1], using the estimated upper body inertia of the subject, a maximum torque value of 300Nm [3], and a maximum hip flexion ankle of 90°.

Results

Typical size of the capture region was found to be in vicinity of 10cm. The gap between the actual foot placement and the capture region at impact was large for the 1st series (11.4±5.8cm). However, in the 2nd series, subjects stepped *on* or *near* to the capture region. One subject intersected the base of support with the capture region (but not the capture

point) and recovered absolutely in one step. Subjects who stepped close to the capture region (within 5cm), but not exactly on it, had to take another small step to retain balance. A large shift of capture region (50-75cm) was observed during the delay between step initiation and its impact on ground.

Discussion and Future work

The size of capture region is small as compared to the step length and length of base of support (foot). However, 2nd series results, showing that one subject could recover without stepping on the capture point (but on the capture region), underlined the importance of upper-body inertia in balance recovery process. Moreover, as evident from the 1st series' results, if the subjects are not bound to recover in one step, they step far from the capture region and take several steps to recover. This indicates the existence of some other criterion during stepping decisions such as energetic costs etc. Furthermore, the shift of the capture region during the time delay between step initiation and its impact on ground is significant. Considering this time-delay is thus required if one wants to accurately predict the stepping location. Ongoing work is intended to improve this estimation by considering the above-mentioned aspects.

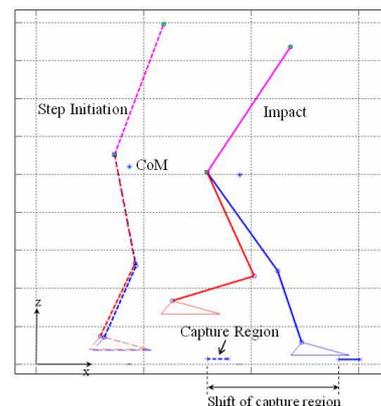


Figure 11: Two key states of the stepping process: step initiation and impact, an example of 2nd series

References

- [1] Pratt, J.; Carff, J.; Drakunov, S. & Goswami, A. "Capture Point: A Step toward Humanoid Push Recovery", 6th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 2006, 200-207
- [2] Robert, T. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon
- [3] Chaffin D., Andersson G., Martin B., Occupational Biomechanics, Wiley & Sons, 1999

Analyses et modélisations des modes de coordinations posturales

Bonnet V.¹, Fraisse P.¹, Ramdani N.^{2,3}, Bardy B.G.², Lagarde J.², Ramdani S.²

¹ LIRMM, Univ. Montpellier 2, Montpellier, France

² EDM, Univ. Montpellier 1, Montpellier, France.

³ CERTES, Univ. Paris Est Créteil, France.

vincent.bonnet @lirmm.fr

Introduction

L'objectif principal de ce travail est l'analyse systémique des coordinations posturales pour obtenir des modèles de connaissances de nature biomécanique et neurobiologique. Dans le même temps, la reproduction de phénomènes posturaux sur des robots humanoïdes aura un intérêt double pour les communautés du contrôle moteur humain et de la robotique. D'une part, cela permettra une validation expérimentale des hypothèses utilisées, et d'autre part le développement de lois de commande bio-inspirées pour la gestion de l'équilibre bipédique. Ce travail propose plusieurs modèles et analyses, à différents niveaux de descriptions physiologiques, d'une expérimentation de suivi de cible sinusoïdale avec la tête réalisée chez l'humain. Grâce à cette expérimentation, l'existence de patrons de coordinations articulaires entre les chevilles et les hanches dépendant de la fréquence d'oscillation de la cible a été montrée: le mode en phase pour les basses fréquences et le mode en anti-phase pour les fréquences plus élevées.

Section 1

Une première étude biomécanique basée sur un processus d'optimisation a montré que la transition de phase entre les 2 modes de coordinations était due à deux raisons: la minimisation d'un critère énergétique et la contrainte d'équilibre dynamique. En se basant sur ces conclusions, un modèle en boucle fermée a été développé. Il est basé sur un schéma de commande robotique classique utilisant une pseudo-inverse pour la gestion de la redondance et qui minimise dans ce cas la norme instantanée des couples articulaires. L'originalité ici, est l'utilisation d'une saturation adaptative, inspirée par les données expérimentales de l'humain, du couple de la cheville qui garantit le maintien de l'équilibre. Ce modèle nécessitant une commande en couple, il nous a fallu attendre le développement de robots de nouvelle génération commandable en couple comme le robot SHERPA conçu au LIRMM. Des validations expérimentales sont actuellement en cours sur cette plateforme.

Section 2

Fort de ce premier modèle, l'accent a été mis sur des aspects plus physiologiques par l'intégration de modèles de muscles non-linéaires et de boucles réflexes. Après identification, ce modèle est capable

de reproduire très finement les trajectoires articulaires (voir Fig. 2.) à différents paliers de fréquence. Le CoP mesuré chez l'humain est utilisé comme variable de contrôle du processus d'optimisation et montre la validité de notre modèle.

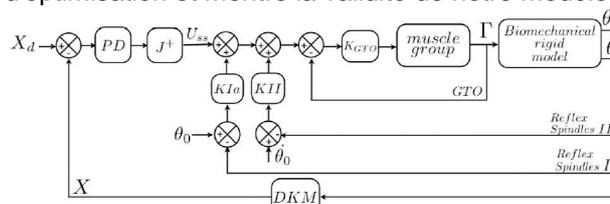


Figure 1: Modélisation musculosquelettique des coordinations posturales

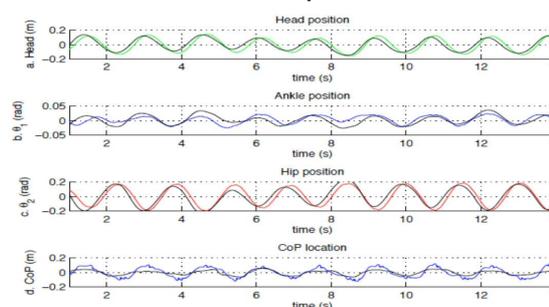


Figure 2: Résultat du modèle identifié en anti-phase (humain: courbes noires, modèle: courbes couleur)

Section 3

Enfin, une première application de nos modèles concerne le comportement postural de patients hémiplegiques. Nous avons en effet réalisé la même expérimentation de suivi de cible chez 12 patients hémiplegiques et observé des comportements spécifiques, comme la disparition du mode en phase. Les méthodologies développées précédemment ont donc été étendues en 3 dimensions. Ainsi, il a été possible de montrer que la disparition d'un mode de coordination chez les patients hémiplegiques était due à la contrainte d'équilibre sous le membre lésé.

Conclusion

Les coordinations posturales chez l'humain et leurs modélisations commencent à être bien cernées et la finalisation de ces travaux réalisés à Montpellier entre des chercheurs en science du mouvement humain et des roboticiens devraient permettre dans un futur proche de proposer à la fois un protocole d'évaluation clinique chez des patients hémiplegiques ainsi qu'un contrôleur bas niveau bio-inspiré pour la gestion de l'équilibre des humanoïdes.

Modèles de genou pour la marche bipède

Hamon A.¹, Aoustin Y.¹

¹ IRCCyN, UMR CNRS 6597, Ecole Centrale de Nantes, Université de Nantes
Arnaud.Hamon@irccyn.ec-nantes.fr

Introduction

Par définition la conception d'un robot humanoïde cherche à reproduire le plus fidèlement possible les mouvements de l'être humain. Les mouvements de marche réalisés par les robot bipèdes s'améliorent à chaque nouvelles générations, notamment grâce aux progrès réalisés en terme de commande et de calcul de trajectoires. Cependant une voie de recherche n'a été, pour l'instant, que très peu explorée. Les nombreuses recherches en biomécanique ont permis de définir avec précision les caractéristiques des articulations chez l'homme. Hors les articulations, notamment des membres inférieurs, des robots bipèdes sont bien différentes des articulations humaines. Nous proposons une articulation du genou, pour un robot bipède, qui se rapproche le plus possible des caractéristiques humaines et nous comparons les performances d'un robot bipède obtenues avec cette articulation à celles obtenues avec une articulation rotoïde utilisée habituellement en robotique.

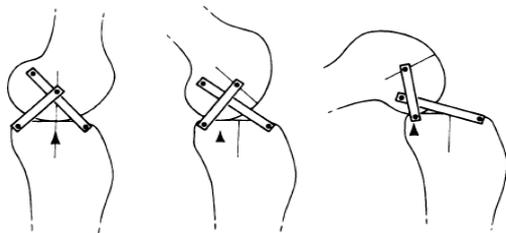


Figure 1 : Structure 4-barres pour le genou humain

Caractéristiques du genou humain et modèle de genou choisi

L'articulation du genou humain est une structure complexe, qui par nature possède 6 degrés de libertés, mais dont les nombreux groupes de ligaments ainsi que la patella limitent les mouvements. Dans le plan sagittal cette articulation est formée par des surfaces articulaires non symétriques qui acceptent un mouvement de rotation ainsi qu'une translation. Nous modélisons ce mouvement, coordonné et limité par les ligaments, à l'aide d'une structure à 4-barres croisées dans le plan sagittal (voir Figure 1) [1]. Les dimensions de cette structure peuvent être choisies à partir de la connaissance des dimensions du genou humain [1]. L'articulation ainsi obtenue reproduit fidèlement le mouvement du genou humain. Il est donc envisageable de proposer une articulation de ce type pour le genou d'un robot bipède et ainsi de comparer les performances

obtenues au cours de la marche normale avec celles obtenues par un robot classique.

Comparaison des performances obtenues

Afin de comparer les performances des deux types d'articulations au cours de la marche nous avons défini des mouvements de marche optimale pour deux robots bipèdes dans le plan sagittal. Un robot qui utilise des genoux classiques à une articulation rotoïde et l'autre des genoux constitués de structures 4-barres. Les trajectoires de marche cycliques sont composées de phases de simple support séparées par des impacts impulsionnels. La figure 2 représente la consommation d'énergie des deux types de robots bipèdes en fonction de la vitesse de marche. On constate que l'utilisation de genou de types 4-barres permet de diminuer la consommation d'énergie au cours de la marche.

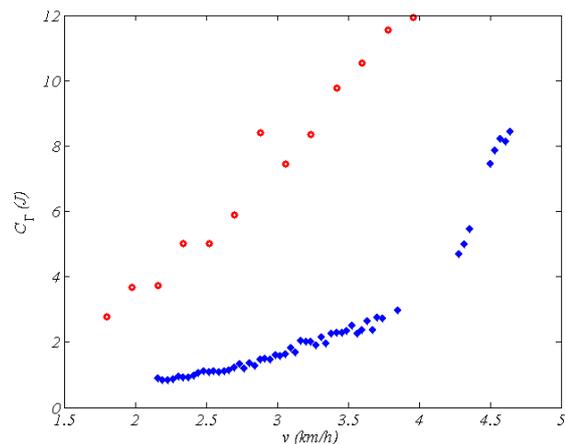


Figure 2 : Consommation d'énergie pour les deux robot en fonction de la vitesse. Robot à genou rotoïde (cercle), robot à genou 4-barres (croix).

Conclusion

En conclusion, nous avons proposé dans cette étude une articulation du genou, composée d'une structure à 4-barres croisées. Cette structure permet d'obtenir un mouvement du genou plus proche du mouvement du genou humain. De plus, nous avons montré sur un jeu de trajectoires optimales à différentes vitesses de marche que la consommation d'énergie est diminuée pour un robot qui utilise des genoux de types 4-barres.

Principale référence bibliographique

[1] Dye, S., An evolutionary perspective of the knee, *The Journal of Bone and Joint Surgery*, **1987**, *69*, 976-983

Un patineur peut-il réaliser un quintuple boucle piquée ?

Colloud F., Lacouture P., Monnet T., Ben Mansour K.

Institut Pprime UPR 3346 CNRS – Université de Poitiers – ENSMA

floren.colloud@univ-poitiers.fr

Introduction

La performance en patinage artistique est déterminée par une note qui reflète à la fois les qualités artistiques et techniques du patineur. Actuellement, les meilleurs patineurs réalisent des quadruples sauts. À notre connaissance, il n'existe à l'heure actuelle que peu d'études caractérisant les quantités mécaniques de ces sauts [1].

L'objectif de cette étude est de fournir ce type d'information et de déterminer si le quadruple saut constitue une limite aux capacités humaines.

Matériel et méthodes

Un patineur élite (taille : 1,79 m ; masse : 74 kg ; âge : 25 ans) a participé à cette étude. Il a été équipé d'une combinaison ajustée sur laquelle 58 marqueurs passifs ont été placés pour positionner et orienter 15 segments (pieds, jambes, cuisses, mains, avant-bras, bras, pelvis, thorax et tête). Les paramètres inertiels de ces segments ont été estimés à l'aide d'équations de régressions [2]. Les trajectoires 3d de ces marqueurs ont été enregistrées au cours d'une série de 3 quadruple boucle piquée par un système de capture du mouvement [Vicon - 20 caméras T40] (Fig. 1).



Figure 12: un quadruple boucle piqué lors des mesures

Le quadruple boucle piqué est analysé à l'aide de quantités mécaniques évaluées à l'éjection et au cours de la phase aérienne. La faisabilité d'un quintuple boucle piquée est simulée en faisant varier les quantités mécaniques soit en translation soit en rotation.

Résultats et discussion

Les quantités mécaniques qui caractérisent le quadruple boucle piquée de notre sujet (en réalité 3,9 rotations) sont reportées dans la table 1.

Table 1: quantités mécaniques d'un quadruple boucle piquée

Éjection	
Vitesse horizontale à l'éjection [m/s]	3,7±0,3
Vitesse verticale à l'éjection [m/s]	3,6±0,3
Angle d'éjection [°]	43±4
Phase aérienne	
Temps [s]	0,70±0,05
Nombre de tour	3,2±0,2
Vitesse rotation moyenne [tours/s]	4,60±0,04

Une première façon de simuler la faisabilité d'un quintuple boucle piquée est de conserver la vitesse de rotation constante. En conséquence, le temps nécessaire pour réaliser 4,2 tours pendant la phase aérienne sera de 0,85s (+21%). Cette augmentation de la phase aérienne ne peut être obtenue qu'en augmentant la composante verticale de la vitesse d'éjection. Pour cela, deux stratégies ont été établies :

- En gardant l'angle d'éjection optimale (43°), on obtient une composante horizontale de 4,41 m/s (+20%) et une composante verticale de 4,12 m/s (+14%).
- En gardant la vitesse horizontale constante, on calcule alors une vitesse verticale de 4,11m/s (+14%) pour un angle d'éjection de 48°(+12%).

Une autre façon de simuler la réussite du quintuple est de faire varier les composants du moment cinétique tout en gardant le temps de la phase aérienne constant. Pour ce faire, il est alors nécessaire d'obtenir une vitesse moyenne de rotation de 6 tours/s (+30%). Cela a pour conséquence de diminuer de l'ordre de 21% le moment d'inertie des segments libres (membres supérieurs et inférieurs). Lors du quadruple saut, on observe une dissymétrie entre les côtés droit et gauche, les segments droits ayant un moment d'inertie inférieur (14±6% et 36±23% pour les membres supérieurs et inférieurs). Un regroupement symétrique diminuerait le moment d'inertie de 13±8% ce qui engendrerait une augmentation de la vitesse de rotation de 9% (5 tours/s). Cette vitesse ne permettrait pas de réussir le quintuple boucle piquée.

Conclusion

Il ressort de cette étude que la diminution du moment d'inertie autour de l'axe sagittal lors de la phase aérienne ne permet pas d'augmenter suffisamment la vitesse de rotation. Les membres supérieur et inférieurs étant en buté le moment d'inertie atteint sa limite basse. Ainsi, une des solutions viable est d'augmenter l'intensité de la vitesse verticale. Toutefois, il importe d'étudier de plus près la faisabilité du geste suite à la variation de la vitesse de décollage.

Remerciements

Cette étude a reçu le soutien de la région Poitou-Charentes associée à l'Union Européenne (CPER 2007-2013), de NHK et de Biometrics France.

Principales références bibliographiques

- [1] King D. *Med. Scie. Sports Exerc.*, 34(5), 101, 2002.
 [2] Zatsiorsky VM. *Kinetics of human motion*, Human Kinetics, 672p, 2002.

2^{ème} SESSION partenaires

Aldebaran Robotics

<http://www.aldebaran-robotics.com>



Nao - Aldebaran Robotics ©

Nao est un robot humanoïde programmable développé par la société Aldebaran Robotics à Paris. Doté de 25 degrés de liberté, Nao est une plateforme intégrée qui permet de travailler sur différentes spécialités telle que la vision, motion, social robotics, collaboration entre robot, navigation et cartographie, HRI, ou encore intelligence artificielle.

Il est depuis 2 ans utilisé par de nombreux laboratoires et universités à travers le monde comme plateforme pour la recherche et l'éducation en robotique.



Rodolphe Gelin, Responsable de projets collaboratifs chez Aldebaran, va présenter les derniers développements du robot comme l'omni directional walk, la reconnaissance d'image, la marche explorative avec détection d'obstacles, ainsi que le whole body motion.

SESSION Synthèse de mouvements

Animateur : Philippe Fraise (LIRMM)

Génération de la marche du robot HYDROïD à partir de ses modèles géométriques inverses

Bertrand S., Bruneau O., Ouezdou F.B., Alfayad S.
Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles
sylvain.bertrand@lisv.uvsq.fr

Introduction

La recherche dans le domaine de la robotique humanoïde a beaucoup évolué. En effet, on constate aujourd'hui le développement de plateformes robotiques de plus en plus perfectionnées telles que WABIAN-2R à l'Université de Waseda, la série HRP de l'AIST ou bien encore ASIMO de HONDA. Parmi les modèles disponibles pour le contrôle des membres du robot, les modèles cinématiques inverses (MCI) sont largement utilisés. Ces modèles sont la plupart du temps calculés de manière numérique, apportant des erreurs numériques ainsi que, propriété intrinsèque aux MCI, des instabilités au voisinage des configurations singulières. La particularité des recherches présentées ici, se situe d'une part dans l'établissement de modèles géométriques inverses analytiques pour le cas redondant des jambes du robot HYDROïD, afin d'obtenir des solutions stables et précises, et d'autre part dans l'utilisation d'une stratégie de contrôle entièrement basée sur des relations analytiques permettant de tenir compte des déformations complexes de l'orteil en contact avec le sol.

Résumé

Les travaux présentés concernent le développement de modèles et d'un algorithme de contrôle d'HYDROïD, robot bipède anthropomorphe possédant 8 degrés de liberté actifs par jambe (voir Fig. 1) [1], en vue de réaliser une marche. Dans un premier temps, une méthode pour la résolution de la redondance est proposée. Cette méthode se base sur le développement de solutions analytiques, préférées pour leur fiabilité. Elle est établie à l'aide des modèles géométriques directs et inverses du robot. Dans un deuxième temps, l'algorithme de contrôle reprend les travaux développés au LISV [2], sur la proposition d'une stratégie de contrôle entièrement basée sur des relations analytiques de matrices homogènes et permettant de prendre en compte des données capteur au cours de la marche. Les simulations sont effectuées sous Webots (voir captures d'écran en Fig. 2) en reprenant la structure d'HYDROïD. Enfin, les résultats sont présentés et interprétés à partir de différentes données telles que les efforts articulaires, l'évolution du centre de pression (voir Fig. 3) et de l'équilibre global du robot au cours de la marche.

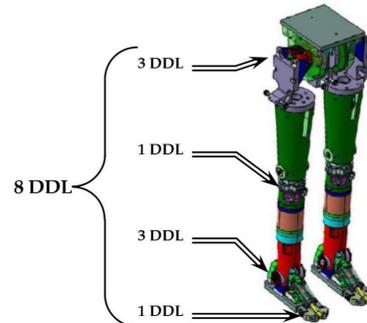


Figure 13: robot bipède HYDROïD.

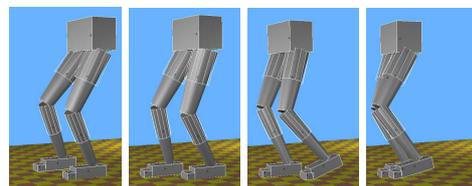


Figure 14: Captures d'écran d'une marche simulée sous Webots.

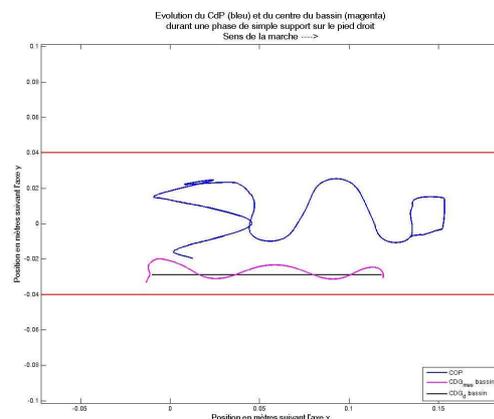


Figure 15: Evolution du Centre de Pression et des Centres de Gravité (désiré et mesuré) lors d'une phase de simple support au cours de la marche en simulation.

Principales références bibliographiques

[1] S. Alfayad, Robot humanoïde HYDROïD: Actionnement, Structure cinématique et stratégie de contrôle, Thèse de doctorat Université de Versailles Saint Quentin, Novembre 2009

[2] Bruneau O., Gravez F., Ouezdou F.B., Planning approach and local reactivity for 3D operational space control of 3D bipedal robots with flexible feet, *International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 1: 3037-3042, 2009.

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

Lamiroux F.¹, Mansard N.¹, Stasse O.², Wieber P.-B.²

¹ CNRS-LAAS

² CNRS-AIST, JRL

olivier.stasse@aist.go.jp

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 2009 dans le cadre de ce projet et les pistes suivies en 2010.



Figure 16: Interaction directe entre HRP-2 et un être humain.

Preview control

Dans le cadre du projet, A. Herdt et al. [1] a proposé une reformulation intéressante du problème d'optimisation associé au Preview Control proposé par Kajita et al. [4]. Cette reformulation considère la position des pas comme des variables libres et prend en entrée la vitesse moyenne du CoM. Le problème d'optimisation quadratique associé permet de générer de manière automatique la position des pas, la trajectoire du CoM et la trajectoire du ZMP. Une des clefs de ce travail est de fournir une formulation quadratique de la fonction coût, et une formulation linéaire des contraintes. Ceci permet notamment d'envisager l'utilisation de schémas de résolution numériques très rapide développés dans le cadre du projet [5]. Nous montrerons plusieurs vidéos d'expériences illustrant l'utilisation de cette méthode.

Planification rapide de pas

Les méthodes standards de planification de pas reposent généralement sur un petit nombre de trajectoires prédéfinies. En effet ces trajectoires

prédéfinies sont garanties dynamiquement stables, ne dépassent pas les limites articulaires du robot et sont sans collision. Elles limitent cependant considérablement le choix des actions possible du robot. De nouvelles méthodes locales sont récemment apparues, mais elles courent le risque de rester bloquées dans des minima locaux. La méthode proposée dans le cadre du projet R-Blink par N. Perrin et al. [2] consiste à suivre le modèle des parcours aléatoires mais en répondant extrêmement rapidement aux problèmes de faisabilité entre deux configurations. La clef est l'utilisation de méthodes d'approximation basée sur un parcours guidé de l'espace de configuration des pas. Cette méthode a été utilisée avec succès dans de nombreuses expériences d'interaction directes homme-robot (voir Fig.1), ou dans des tâches collaboratives de travail [3].

Conclusion

Durant l'exposé nous proposerons quelques pistes construisant sur les résultats précédents, notamment dans le cadre de l'asservissement visuel en considérant la marche. Ce projet est financé par le contrat ANR-JCJC- 0075-01

Principales références bibliographiques

- [1] A. Herdt, D. Holger, P.B. Wieber, D. Dimitrov, K. Mombaur and D. Moritz, Online Walking Motion Generation with Automatic Foot Step Placement, *Advanced Robotics*, accepted, 2010
- [2] Perrin N., Stasse O., Lamiroux F., Offline approximation of Biped Walking Pattern Generators, *ICRA*, accepted, 2010.
- [3] O. Stasse, P. Evrard, N. Perrin, N. Mansard, A. Kheddar, Fast foot prints re-planning and motion generation during walking in physical human-humanoid interaction, *International Conference on Humanoids*, p 284-289, 2009.
- [4] S.Kajita, K. Kanehiro, K. Kaneko, K.Fujiwara, K. Harada, K.~Yokoi and H.Hirukawa, Biped walking pattern generation by using preview control of zero-moment point. *ICRA*, pp 1620-1626, 2003.
- [5] D. Dimitrov, P.-B. Wieber, H. Diedam and O. Stasse. On the Application of Linear Model Predictive Control for Walking Pattern Generation in the Presence of Strong Disturbances. *ICRA*, pp. 1171—1176.

Adaptive Locomotive Behaviors of a Biped Robot: Patterns Generation and Classification

Nassour J.¹, Hénaff P.² Ben Ouezdou F.¹, Cheng G.³

¹ Versailles Saint Quentin University

² University of Cergy Pontoise

³ Technical University Munich

nassour@lisv.uvsq.fr

Abstract

Neurobiological studies showed the important role of Center Pattern Generators for spinal cord in the control and sensory feedback of animals' locomotion. This role is taken into account in modeling bipedal locomotion of a robot. Indeed, as a rhythm generator, a non-classical model of a neuron that can generate oscillatory as well as diverse motor patterns is presented, [1]. This allows different motion patterns on the joints to be generated easily. Complex tasks, like walking, running, and obstacle avoidance require more than just oscillatory movements. Our model provides the ability to switch between intrinsic behaviors, to enable the robot to react against environmental changes quickly, see Fig.1, Fig.2. To achieve complex tasks while handling external perturbations, a new space for joints' patterns is introduced (see Fig.3, Fig.4). Patterns are generated by our learning mechanism based on success and failure with the concept of vigilance, [2]. This allows the robot to be prudent at the beginning and adventurous at the end of the learning process, inducing a more efficient exploration for new patterns. Motion patterns of the joint are classified into classes according to a metric, which reflects the kinetic energy of the limb. Thanks to the classification metric, high-level control for action learning is introduced. For instance, on adaptive behavior of the rhythm generator neurons in the hip and the knee joints against external perturbation are shown to demonstrate the effectiveness of the proposed learning approach.

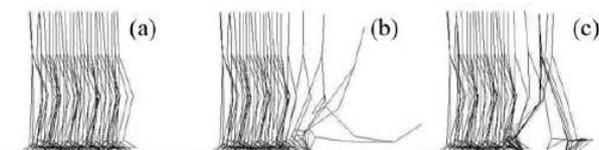


Figure 1: Effects of adaptation mechanism on the biped to avoid falling. (a) Walking without perturbation. (b) Falling due to the perturbation. (c) Successful walking with adaptation to the perturbation.

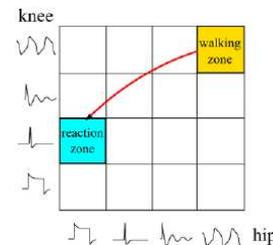


Figure 2: The space of patterns is for hip and knee joints, with an example of switching perturbation.

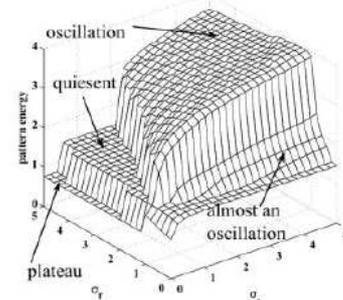


Figure 3: The energy-based metric patterns for the space of σ_s and σ_r

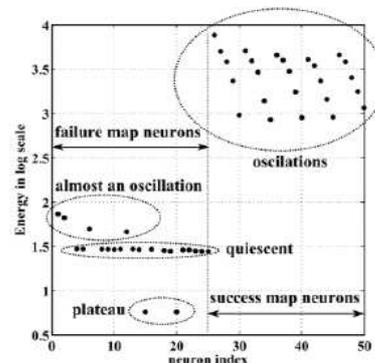


Figure 4: The energy-based metric patterns for success and failure neurons represented on the horizontal axis. Neurons of success map represent oscillatory patterns with different frequency. Each neuron represents a pattern, but neurons are separated into four classes of patterns according to the energy-based metric.

Principales références bibliographiques

[1] Rowat, P.F., Selverston, A.I., Learning algorithms for oscillatory networks with gap junctions and membrane currents. *Network*. 2(1), 17-41, 1991.

[2] Nassour J., Hénaff P., Ben Ouezdou F., Cheng G., Experience-based Learning Mechanism for Neural Controller Adaptation: Application to Walking Biped Robots. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. St. Louis, MO, USA, 2009.

Synthèse de comportements dynamiques

Application au robot iCub

Salini Joseph, Bidaud Philippe

Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique - Paris

salini@isir.upmc.fr, bidaud@isir.upmc.fr

Introduction

Les travaux présentés ici s'inscrivent dans le cadre de la commande de robots humanoïdes en interaction avec l'environnement, et plus spécifiquement dans le domaine de la coordination posture/tâches. Le problème consiste à réaliser un ensemble de tâches dynamiques sous les contraintes physiques à la fois internes comme les limites de couple et de vitesse, et externes comme les contacts. Ici, nous proposons une solution qui consiste à représenter les tâches ainsi que leurs importances relatives par une fonction quadratique dont la minimisation est obtenue grâce à un *Linear Quadratic Program* (LQP). Les tâches peuvent ainsi évoluer au cours du temps, et la continuité en couple permettant des transitions stables entre les différents objectifs est assurée. Les résultats obtenus lors des simulations présentés ici mettent en évidence le bien fondé de la méthode.

Méthode

Le LQP consiste à optimiser une fonction de coût quadratique qui représente l'ensemble des tâches à effectuer, sous des contraintes linéaires représentant les limites physiques du robot telles que les équations de mouvement, les limites articulaires (couples, vitesses, etc.), les points de contact avec l'environnement et les chaînes cinématiques fermées. La hiérarchie des tâches peut être traitée comme une cascade de programme d'optimisation [1], mais il est aussi possible de se servir de coefficients d'importance pour utiliser une somme pondérée de tâches comme fonction de coût. Les objectifs changent au cours du temps par l'intermédiaire d'événements conditionnels, et les transitions se font de manière régulière. Le contrôleur développé offre un cadre générique pour la commande dynamique de toutes les parties du robot telles que les articulations, les référentiels, le centre de masse (CdM) et le *zero moment point* (ZMP) lié au robot.

Résultats

La validation de ce contrôleur s'effectue au travers de simulations où le modèle du robot iCub [2] réalise un ensemble de tâches qui évoluent au cours du temps. Les premières expériences consistent à effectuer des tâches qui ne peuvent être réalisées simultanément, et de changer les coefficients d'importance pour privilégier une tâche par rapport à l'autre tout en assurant de bonnes transitions. Ensuite, le contrôle du CdM et du ZMP permet d'assurer l'équilibre postural du robot respectivement en statique et en dynamique, et cela

conduit alors à la réalisation de la marche avec le contrôle de l'alternance des contacts. Enfin, le modèle du robot manipule des objets pour interagir avec l'environnement, et il adapte sa posture en fonction des perturbations et de l'évolution des tâches.

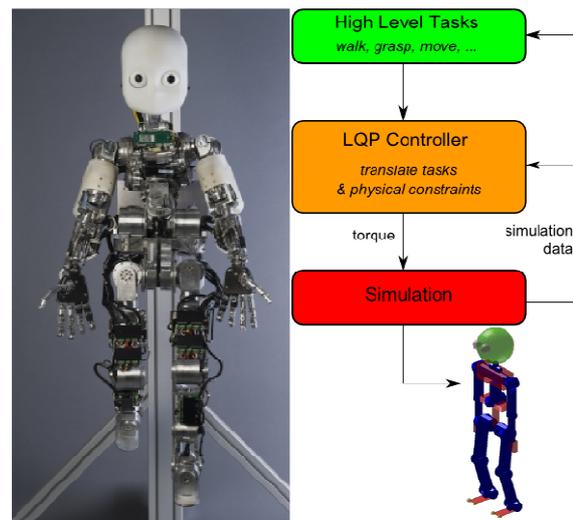


Figure 17: ICUB avec le contrôleur fondé sur un LQP

Références bibliographiques

- [1] Kanoun O., Lamiroux F., Wieber P.-B., Kanehiro F., Yoshida E., Laumond J.-P., *Prioritizing linear equality and inequality systems: application to local motion planning for redundant robots*. IEEE International Conference on Robotic & Automation, Kobe, Japan, 2009.
- [2] Metta G., Sandini G., Vernon D., Natale L., Nori F., *The iCub humanoid robot: an open platform for research in embodied cognition*. *Permis: performance metrics for intelligent system workshop*, Washington DC, USA, August 2008.

