

GOR
ROBOTIQUE

JNRH 2015

8-9 Juin 2015, Nantes.

Journées Nationales de la Robotique Humanoïde

Journées Nationales de la Manipulation Multi-
échelle



UNIVERSITÉ DE NANTES



Centrale
Nantes



MINES
Nantes

Programme provisoire des JNRH

Lundi 8 Juin 2015

9h00 Accueil

9h30 Début des journées (C. Chevallereau, J-P Gazeau IRCCyN/P prime)

9h35 Session Plénière

**Whole-body Compliant Dynamical Contacts for Humanoids:
the CoDyCo project, Vincent Padois, ISIR**

10h20 Pause

10h35 Session Manipulation

10h35 Image Representation of Proprioceptive Information for Tactile Object Shape Identification in Human-like Robot Hands, *A. Vasquez, Z. Kappassov, V. Perdereau*, ISIR

11h00 Commande robuste pour la manipulation dextre avec incertitudes sur les points de contact, *A. Caldas, M. Grossard, M. Makarov, P. Rodriguez-Auerbe, D. Dumur, A. Micaelli*, CEA-List/LSS

11h25 New paradigm for dexterous micro manipulation, *R. Dahmouche, M. Gauthier, J-A Séon, B. Brazey*, Femto-st

11h50 Conception d'une main robotique à actionnement par tendons, *H. Mnyusiwalla, P. Vulliez, J-P Gazeau et S. Zegloul*, PPRIME

12h15 Déjeuner

13h45 Session Conception et Interaction

13h45 Design method for an anthropomorphic hand able to gesture and grasp", *G. Cerruti, D. Chablat, D. Gouaillier, S. Sakka* IRCCyN/Aldebran

14h10 Mécanisme hybride pour le torse du robot HYDROïD, *A. Tayba, S. Alfayad, F.B. Ouezdou, F. Namoun*, LISV

14h35 A Novel Compact Electrohydraulic Rotary Actuator for ElbowJoint used in Humanoid Robot: ROMEO, *Khaled Fouda, Ahmad, Tayba, Samer Alfayad, Fethi Ben Ouezdou*, LISV

15h00 Human-Humanoid Interaction by verbal dialogue : Nao humanoid robot with dialogue toolkit, *C Bothe, J Lehuen, Y. Aoustin*, IRCCyN/LAUM

15h25 Pause

15h40 Session Commande et Interaction

15h40 Towards a new approach to control highly redundant robots. *V. Mariano, P. Fraisse*, Federal University of Minas Gerais, Brazil / LIRMM

16h05 Asservissement visuel pour la coordination de bras manipulateur, *R. Fleurmond, V. Cadenat*, LAAS

16h30 Grasping by Romeo with visual serving, *G. Claudio, F. Spindler, F. Chaumette*, Inria Rennes-Bretagne Atlantique & IRISA

16h55 Présentation de poppy et de la communauté, *Stéphane Ribas*, INRIA

17h20 Démonstrations Poppy, Nao et Roméo, Mains Schunk, Exosquelettes passifs Gobio

20h00 Embarquement Bateaux de l'ERDRE

Mardi 9 Juin 2015

8h15 Accueil

8h30 Session Plénière

See and touch: visio-haptic control for safe physical interaction with humanoids. *A. Cherubini*, LIRMM

9h15 Session Collaboration

9h15 Contribution à la commande d'un bras manipulateur en interaction. Application à la Cobotique (projet ANR SISCob) *B. Navarro*, LIRMM/PRISME

9h40 Dual arm robotics applications in aeronautics opérations, *Damien Sallé*, Technalia

10h05 Planification de tâches de manipulation en collaboration avec l'Homme, *R. Viry, T. Siméon, R. Alami*, LAAS

10h30 Des thématiques de la robotique humanoïde appliquées à des cas industriels concrets, *A. Jubien, E. Paquet, M. Gautier, S. Garnier, B. Furet*, IRCCyN

10h55 Pause

11h15 Session Collaboration

11h15 Virtual ergonomics for the design of collaborative robots, *Pauline Maurice*, ISIR

11h40 Trajectoires et contrôle des robots manipulateurs interactifs, *D. Sibodre, R. Zhao*, LAAS

12h05 Planning highly dynamic motions for compliant manipulators: in pursuit of the longest pitch by KUKA LWR, *S. Kolyubin, A. Shiriaev*, Norwegian University of Science and Technology, Norway

12h30 Déjeuner - Buffet

14h00 Session Locomotion

14h00 Session Locomotion

14h00 Solveur non linéaire pour la marche des robots humanoïdes
M. Naveau, O. Stasse, M. Kudruss, P. Souères, K. Monbaur,
LAAS/Université de Heidelberg

14h25 Self synchronisation for stable walking of bipedal robot, *H. Razavi, A. Bloch, C. Chevallereau, J Grizzle,* University of Michigan/
IRCCyN

14h50 Virtual constraints and Hybrid Zeros Dynamics for a stable walking gait on ROMEO, *D. Six, C. Chevallereau, Y. Aoustin,* IRCCyN

15h15 Pause

15h35 Session Multi-contacts

15h35 Présentation de la participation du LAAS au projet Européen FP 7 Koroibot, *O. Stasse, M. Naveau, C. Vassalo, A. Del Prete, N. Mansard, P. Souères,* LAAS

16h00 Generation of Dynamically Balanced Locomotion with Multiple Non-coplanar Contacts, *Darwin Lau,* ISIR

16h25 Tasks compatibility in whole-body control, *Ryan Lober,* ISIR

16h50 Conclusions

17h00 Fin des journées

Whole-body Compliant Dynamical Contacts for Humanoids: the CoDyCo project

V. Padois

Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique
Sorbonne Universités - UPMC Univ Paris 06 - CNRS, UMR 7222
F-75005, Paris, France
vincent.padois@upmc.fr

Résumé

The aim of CoDyCo is to advance the current control and cognitive understanding about robust, goal-directed whole-body motion interaction with multiple contacts. First, CoDyCo focuses on the way robots coordinate physical interaction and physical mobility. Traditional industrial applications involve robots with limited mobility. Consequently, interaction (e.g. manipulation) is often treated separately from whole-body posture (e.g. balancing), assuming the robot firmly connected to the ground. Foreseen applications involve robots with augmented autonomy and physical mobility. Within this novel context, physical interaction influences stability and balance. To allow robots to surpass barriers between interaction and posture control, CoDyCo is grounded in principles governing whole-body coordination with contact dynamics. Second, CoDyCo tries to deal with all perceptual and motor aspects of physical interaction, unpredictability included. Recent developments in compliant actuation and touch sensing allow safe and robust physical interaction from unexpected contact including humans. The next advancement for cognitive robots, however, is the ability not only to cope with unpredictable contact, but also to exploit predictable contact in ways that will assist in goal achievement. Third, the achievement of the project objectives are validated in real-world scenarios with the iCub humanoid robot engaged in whole-body goal-directed tasks. The evaluations aim at showing the iCub exploiting rigid supportive contacts, learning to compensate for compliant contacts, and utilizing assistive physical interaction (see Fig. 1).

Methodologically, CoDyCo activities are divided into four categories, deeply intertwined: control theory, machine learning, human behavioural experiments and software development. Each of them serve CoDyCo's objectives to: 1) develop a general software toolkit for whole-body dynamics computation with multiple external contacts, 2) conduct human behavioural studies for understanding human use of external contact, including interpersonal cooperative contacts in natural whole body tasks, 3) develop a control architecture for whole body coordination and regulation of whole body compliance, and 4) leverage machine learning methods for acquiring models of compliant contact with the environment and physical interactions with humans.



FIGURE 1 – iCub balancing while performing goal directed actions: CoDyCo 2nd year validation (video).

Image Representation of Proprioceptive Information for Tactile Object Shape Identification in Human- like Robot Hands

A. Vasquez, Z. Kappassov, V. Perdereau
Institut des Systemes Intelligents et de Robotique,
UMR 7222, France,

vasquez@isir.upmc.fr, kappassov@isir.upmc.fr, veronique.perdereau@isir.upmc.fr

Summary

Tactile object shape identification has become an important subject of research. Most of the approaches in this area focus on the use of tactile information putting proprioceptive information aside [1]-[3], whereas human beings greatly use it to perform object shape identification [1]. A method that uses only proprioceptive information for a human-like robotic hand is presented to identify the shape of an object. To this end, proprioceptive information is generated by combining the joint angles with a generic hand model in a 2-D image (Figure 1).

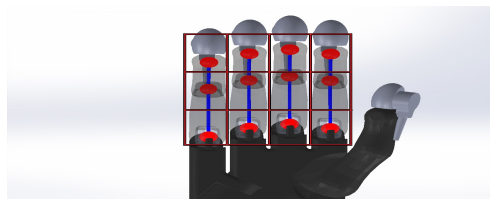


Figure 1 – Image superimposed to the fingers of a hand so that each one of its pixels corresponds to one joint of the hand. Each column of the image represents a finger. From top to bottom, the three rows correspond to the distal, intermediate and proximal joints.

This scheme is made generic so that the method can be used with any robotic hand. The generated image is called Finger Configuration Image (FCI) and contains information that can be used to identify the shape of the object when it is enclosed with the grasp. In order to get this information, image-processing techniques are implemented. The result of this is an image onto which the shape of the object can be visualized and easily recognized. Results show that this method is fast, just needing a single initial grasp to perform the identification of the shape. The robustness of the method with respect to size, position and inclination of the objects is also evaluated, achieving great ranges for each shape.

References

- [1] Pezzementi, Z, E Plaku, C Reyda, y G D Hager. “Tactile-Object Recognition From Appearance Information”. *IEEE Transactions on Robotics* 27, n.o 3 (junio de 2011): 473-87.
- [2] Schneider, A., J. Sturm, C. Stachniss, M. Reisert, H. Burkhardt, y W. Burgard. “Object identification with tactile sensors using bag-of-features”. *Intelligent Robots and Systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference on, 2009*, 243-48.
- [3] Okamura, Allison M., y Mark R. Cutkosky. “Feature detection for haptic exploration with robotic fingers”. *The International Journal of Robotics Research* 20, n.o 12 (2001): 925-38.
- [4] Lederman, S. J., y R. L. Klatzky. “Haptic Perception: A Tutorial”. *Attention, Perception & Psychophysics* 71, n.o 7 (October 1st, 2009): 1439-59.

Commande Robuste pour la Manipulation Dextre avec Incertitudes sur les Points de Contact

A. Caldas, M. Grossard, M. Makarov, P. Rodriguez-Ayerbe, D. Dumur, A. Micaelli

Depuis les années 1980, de nombreuses études se sont intéressées aux préhenseurs multidigitaux et à la manipulation dextre. Plusieurs défis doivent être relevés, dont :

- P1. une conception mécanique exigeante, devant concilier compacité, dextérité et puissance [1],
- P2. une commande robuste à un environnement non structuré, et ayant une structure simple à implémenter [2].

Dans cette présentation, nous proposons de nouvelles lois de commande pour la manipulation dextre à partir de préhenseurs multidigitaux. Nous nous intéressons en particulier à la robustesse aux incertitudes sur les points de contact entre le préhenseur et l'objet [3] (Fig. 1). Cette étude permet de répondre au point P2 en proposant une commande robuste à un environnement non structuré, et dans une certaine mesure au point P1, puisque cette commande permet d'être moins dépendant aux capteurs tactiles, allégeant ainsi la conception mécanique.

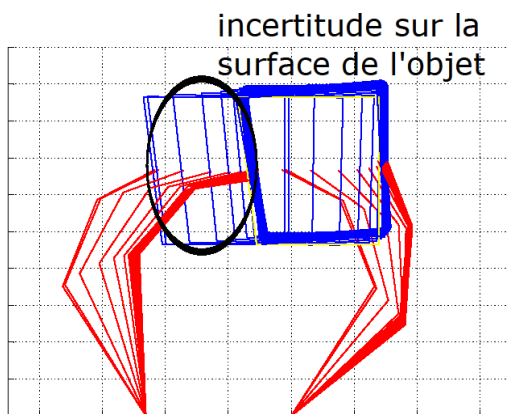


Figure 1. Manipulation d'un objet avec une surface de contact incertaine à partir d'un préhenseur.

La commande proposée assure la stabilité du système {préhenseur, objet} par un placement de pôles spécifié selon une approche LMI (*Linear Matrix Inequalities*) [4]. Le correcteur issu de cette synthèse est un retour d'état à gains

statiques définissant la raideur et l'amortissement du système. Une action dynamique est ajoutée afin de satisfaire les contraintes liées à la manipulation (cônes de frottement, forces de contact unilatérales).

Nous nous sommes également intéressés au découplage selon l'objectif de manipulation. Le but est d'assurer le suivi de l'objet le plus fidèle possible selon une trajectoire donnée, et un parallèle est fait avec la notion de synergie [5]. La synthèse de cette commande est réalisée à partir d'un placement des valeurs et vecteurs propres du système {préhenseur, objet}.

REFERENCES

- [1] J. Martin, M. Grossard "Design of a fully modular and backdrivable dexterous hand," *The International Journal of Robotics Research (IJRR) Special Issue on 'Mechanics and Design of Robotic Hands'*, vol. 33, no. 5, pp 783-798, 2014.
- [2] A. M. Okamura, N. Smaby, M. R. Cutkosky, "An overview of dexterous manipulation", in *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2000, vol. 1, pp. 255–262.
- [3] A. Caldas, A. Micaelli, M. Grossard, M. Makarov, P. Rodriguez-Ayerbe, D. Dumur, "Object-level impedance control for dexterous manipulation with contact uncertainties using LMI-based approach" in *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2015.
- [4] M. Chilali, P. Gahinet, "Hinf design with pole placement constraints: an LMI approach," in *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 41, no. 3, pp. 358-367, 1996.
- [5] M; Gabbicini, A. Bicchi, D. Prattichizzo, M. Malvezzi, "On the role of hand synergies in the optimal choice of grasping forces," *Autonomous Robots*, vol. 31, no. 2-3, pp. 235-252, 2011.

A. Caldas et M. Grossard sont du Laboratoire de Robotique Interactive du CEA-LIST et A. Micaelli est du Laboratoire de Simulation Interactive du CEA-LIST, 91192 Gif-sur-Yvette (e-mail : alex.caldas@cea.fr; mathieu.grossard@cea.fr; alain.micaelli@cea.fr)

M. Makarov, P. Rodriguez-Ayerbe et D. Dumur sont du Laboratoire des Signaux et Systèmes (UMR 8506) CentraleSupélec – CNRS – Université Paris-Sud, Département d'Automatique, 91192, Gif-sur-Yvette, France (e-mail: maria.makarov@centralesupelec.fr; pedro.rodriguez@centralesupelec.fr; didier.dumur@centralesupelec.fr).



NEW PARADIGM FOR DEXTEROUS MICROMANIPULATION

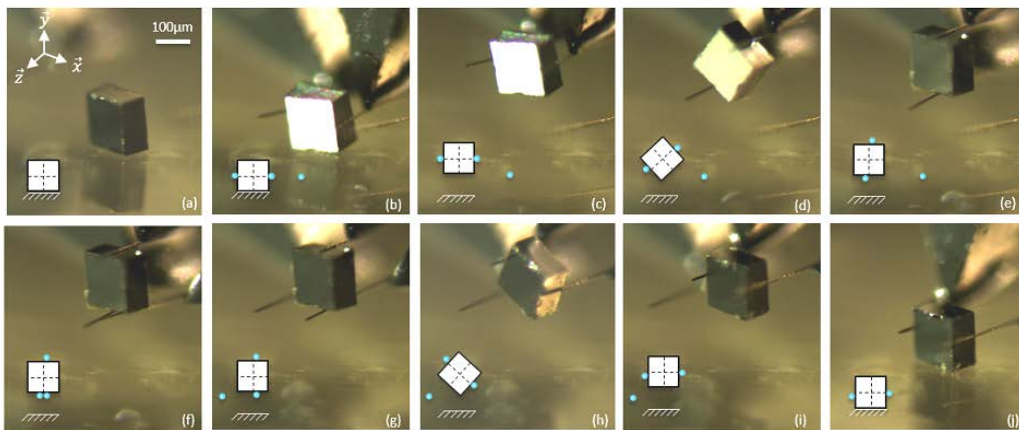
Presented by: Redwan Dahmouche

Contributors: Michaël Gauthier, Jean-Antoine Séon and Benoit Brazey

SUMMARY

Micromanipulation and micro-assembly challenges play today a key role in the development of new integrated smart systems used in strategic application fields such as transportation, telecommunication, health and defense. However, contrarily to the macroscale, micromanipulations are usually limited to basic pick and place operations. Indeed, accurate multiple degrees of freedom translation and rotation positioning of micro-objects is particularly difficult to obtain because of the limited possibilities of robotic structures at the microscale.

Another characteristic related to micromanipulation is the presence of surface forces which dominate gravitational and inertial forces. These sticky forces, caused by Van der Waals, electrostatic and capillarity forces have been considered by the micro-robotics community for more than a decade as perturbing forces and tried to get rid of them. As these forces make the automation difficult, micromanipulation operations are often done manually. The number of microsystem units to produce being usually huge, this solution is not satisfactory and automated micromanipulation and micro-assembly systems are needed.



Automatic dexterous micromanipulation sequence of a 220x100µm silicon rectangle being returned by 180°

Contrary to various approaches that try to minimize adhesion effect at this scale, we propose to take advantage of these adhesion forces that can contribute to the stability of the object during the manipulation. As the dominant forces and the application of dexterous robotic manipulation are different at the microscale compared to the macroscale, these differences have to be taken into account to develop feasible and successful dexterous micromanipulation. In this presentation, the impact of adhesion forces in grasping micro-objects will be shown and the development of a trajectory planner for in-hand dexterous micromanipulation where original fingers trajectories is proposed.

Conception d'une main robotique à actionnement par tendons

Hussein Mnyusiwalla, Philippe Vulliez, Jean-Pierre Gazeau and Saïd Zegloul

PPRIM

Résumé

L'objet de la présentation concerne l'approche mécatronique du développement d'un nouveau doigt robotique à actionnement par tendons. La cinématique du doigt est inspirée de celle du doigt humain ; le doigt à 4 articulations est ainsi totalement actionné.

Nous nous sommes attachés dans cette nouvelle conception à assurer un découplage total entre les mouvements de flexion-extension et d'abduction-adduction, assurant ainsi un comportement mécanique sain.

Le nouveau doigt ainsi développé élimine les non linéarités usuellement présentes dans la plupart des mains mécaniques actionnées par tendons.

Cette mécanique offre une simplification du contrôle-commande et propose des perspectives intéressantes pour la manipulation fine en bout de doigt. Les premiers résultats sont conformes aux objectifs attendus et démontrent les potentialités de ce design.

Un soin particulier a été apporté à la synergie entre le design mécanique et l'architecture de commande, qui permet d'assurer une coordination multi-axes. Sur la base des contraintes propres à la manipulation dextre, une approche système globale a été mise en œuvre pour définir des solutions mécaniques, d'instrumentation et de contrôle / commande.

Une main de dimension anthropomorphe à 16 articulations à actionnement complet a été réalisée

Mécanisme hybride pour le torse du robot HYDROïD

A.Tayba , S. Alfayad, F.B.Ouezdou, F.Namoun

Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles, EA 4042, 10-12 Avenue de l'Europe, 78140 Vélizy, France

ahmad.tayba@lisv.uvsq.fr, samer.alfayad@lisv.uvsq.fr, ouezdou@lisv.uvsq.fr

Résumé

De nos jours, de nombreuses recherches sont menées afin d'obtenir un système robotique de type robot humanoïde dont La morphologie et le comportement se rapprochent le plus de l'Homme. Ceci se traduit par des contraintes importantes, en particulier en termes d'anthropomorphisme et de mobilité influençant l'espace de travail.

Grâce à l'étude de l'anatomie humaine, nous pouvons affirmer que le système mécanique le plus complexe dans la partie du corps humain est la partie qui contient la colonne vertébrale et qui a un rôle primordial dans le mouvement et l'équilibre.

L'espace de travail et la performance d'un robot humanoïde est influencée de manière décisive par la conception de son torse. De plus, les degrés de liberté supplémentaires dans le torse aident le robot humanoïde à dépenser 26,5% moins d'énergie qu'un robot humanoïde muni d'un torse rigide durant un cycle de marche [1].

Par ailleurs, les articulations du torse du robot sont généralement exposées à un niveau élevé de couple étant données la masse de la partie supérieure (bras, tête) et son influence par exemple pour soulever des objets lourds. Pour cela, un système mécanique capable de générer cette gamme de couple au niveau de chaque articulation doit être mis place tout en respectant la contrainte du masse totale du système.

Ainsi, notre objectif dans ce travail de recherche est de concevoir en explorant une classe de mécanismes nouvelle qualifiée d'hybride (série – parallèle) un nouveau système capable de reproduire la cinématique du torse humain. le mécanisme proposé est composé de 4 degrés de liberté actifs actionnés hydrauliquement.

Les contraintes d'encombrement nous ont amené à développer une nouvelle technique d'actionnement hydraulique intégré pour permettre l'acheminement du fluide de la source jusqu'au l'articulation. Ceci permet de réduire les effets néfastes induits par les tuyaux externes usuellement utilisés dans les systèmes hydrauliques.

Les modèles géométriques et cinématiques du mécanisme hybride du torse seront également présentés. A base de ces modèles, un outil de simulation a été développé. Des résultats de dimensionnement des différents éléments et de validation des performances attendues seront également donnés.

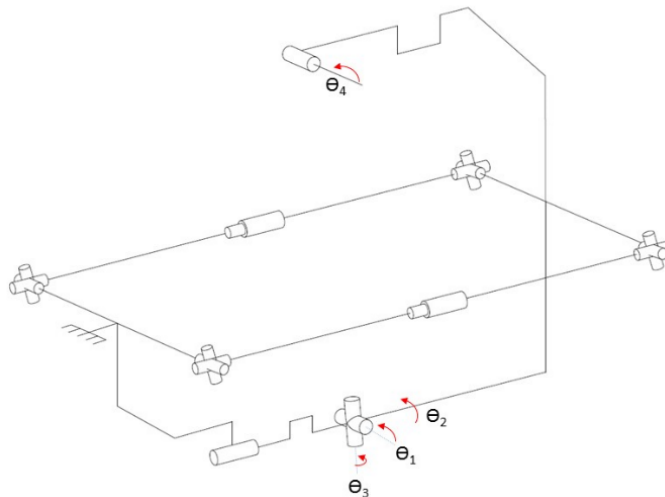


Figure 1 – Schéma cinématique du mécanisme hybride du torse de HYDROïD

[1] J. Or, "Humanoids Grow a Spine," IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 20, no. 2, pp. 71-81, June 2013.

A Novel Compact Electrohydraulic Rotary Actuator for Elbow Joint used in Humanoid Robot: ROMEO

Khaled Fouda, Ahmad Tayba, Samer Alfayad, Fethi Ben Ouezdou

LISV- Laboratory of Systems Engineering of Versailles,

Velizy-Villacoublay, 78140, France,

khalfoud@lisv.uvsq.fr, ahmad.tayba@lisv.uvsq.fr, samer.alfayad@lisv.uvsq.fr,

fethi.benouezdou@lisv.uvsq.fr

In this research project, we are presenting new design principle of the humanoid robot's arm; which is mixing the electric actuators with the hydraulic technology. In ROMEO, one arm will be completely actuated by electric motors which are very fast but has limited torque, and on the other arm, the elbow only will be actuated by compact hydraulic system which has very high torque capabilities.

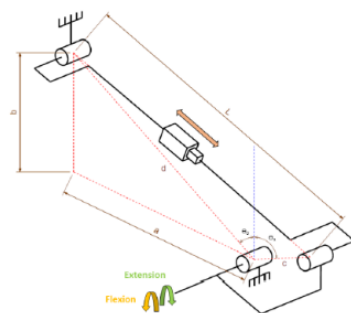
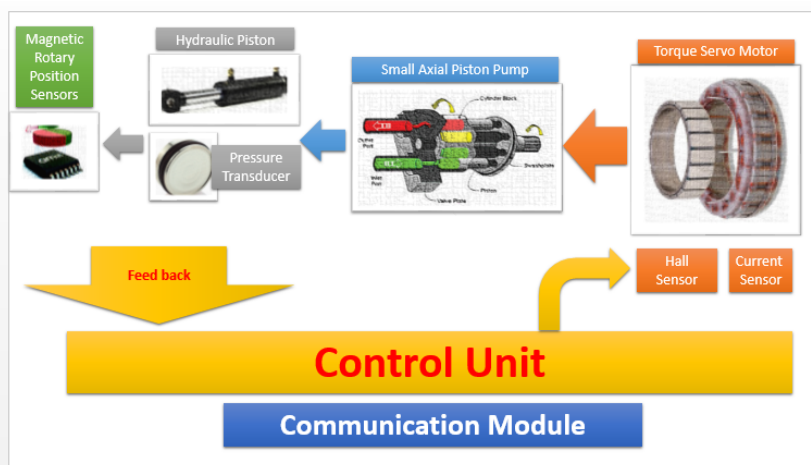
Compromising between speed, torque, and overall system size is always a real challenging task. By using the electric motors, the solution is the use of gear box. However, this solution is not fixable enough as the gear reduction ratio can't be changed in the run time, in contrast of hydraulic transmission, it could be easily changed with any desired various values.

The electro-hydraulic rotary actuator is consisted of lightweight torque servo motor which has highly precise controllability, positioning accuracy and dynamics. The main components of the novel solution are mainly: ultra small axial piston pump which has bi-directional rotation with good responsiveness, double rod small piston, two pressure transducers that help us in the force control loop, magnetic rotary position sensor that used in position control loop, and finally the central control unit which also includes the power driver module as shown in Figure 1.

There are many possible kinematic structures for producing the elbow movement; one of these structures is shown in Figure 2. It depends on symmetric piston to generate rotary movements. Alternative mechanism that is already manufactured is to use direct rotary actuator which is able to generate huge torque inside compact size.

All the system is controlled by central processing unit that sends the commands to the elbow through the communication module to pass it to elbow control unit. This control unit controls the torque brushless DC servo-motor by using cumulative algorithm. This algorithm needs three hall sensors to determine the motor's state. By measuring the rate of change of these states, the speed of the motor could be measured. By using the current sensor the torque of the motor will be measured.

According to the number of turns of the motor, the volume of the pumped oil will be determined. Furthermore the output pressure of the oil will be determined by the torque of the motor. The difference pressure values measured by the pressure sensors will indicate the force applied on the piston. The control unit will know the actual position of the elbow by using magnetic rotary position sensor.



Design method for an anthropomorphic hand able to gesture and grasp

Giulio Cerruti^{1,2}, Damien Chablat^{2,3}, David Gouaillier¹ and Sophie Sakka^{2,4}

¹ Aldebaran AM-Lab Nantes, 44200 Nantes, France

² Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes,

³ UMR CNRS 6597, 1 rue de la Noë BP 92101, 44321 Nantes, France,

⁴ University of Poitiers, 93 Avenue du Recteur Pineau, 86000 Poitiers, France

damien.chablat@cnrs.fr

Abstract

This paper presents a numerical method to conceive and design the kinematic model of an anthropomorphic robotic hand used for gesturing and grasping. In literature, there are few numerical methods for the finger placement of human-inspired robotic hands. In particular, there are no numerical methods, for the thumb placement, that aim to improve the hand dexterity and grasping capabilities by keeping the hand design close to the human one. While existing models are usually the result of successive parameter adjustments, the proposed method determines the fingers placements by mean of empirical tests. Moreover, a surgery test, known as Kapandji test [1], and the workspace analysis of the whole hand are used to find the best thumb position and orientation according to the hand kinematics and structure. The result is validated through simulation where it is checked that the hand looks well balanced and that it meets our constraints and needs. The presented method provides a numerical tool which allows the easy computation of finger and thumb geometries and base placements for a human-like dexterous robotic hand.

The design tool generates the hand kinematics which are able to express emotions (gestures) and grasp small objects (Figure 1). Hand geometry has been conceived using anthropomorphic data and heuristics methods which allow a kinematic solution close to that of a human hand. The main focus has been given to the thumb base position and orientation, since its interaction with the opposed fingers strongly effects the hand performance. Three tests drove its selection: aesthetic, surgical and interaction tests. The first played a relevant role to obtain a fairly equilibrated hand, the second provided a human-like dexterous thumb, while the last one defined its opposability. Hand designers can follow this method to immediately obtain the hand kinematic model and structure.

References

- [1] A. Kapandji. Cotation clinique de l'opposition et de la contre-opposition du pouce. *Annales de Chirurgie de la Main*, 5(1):67 – 73, 1986.

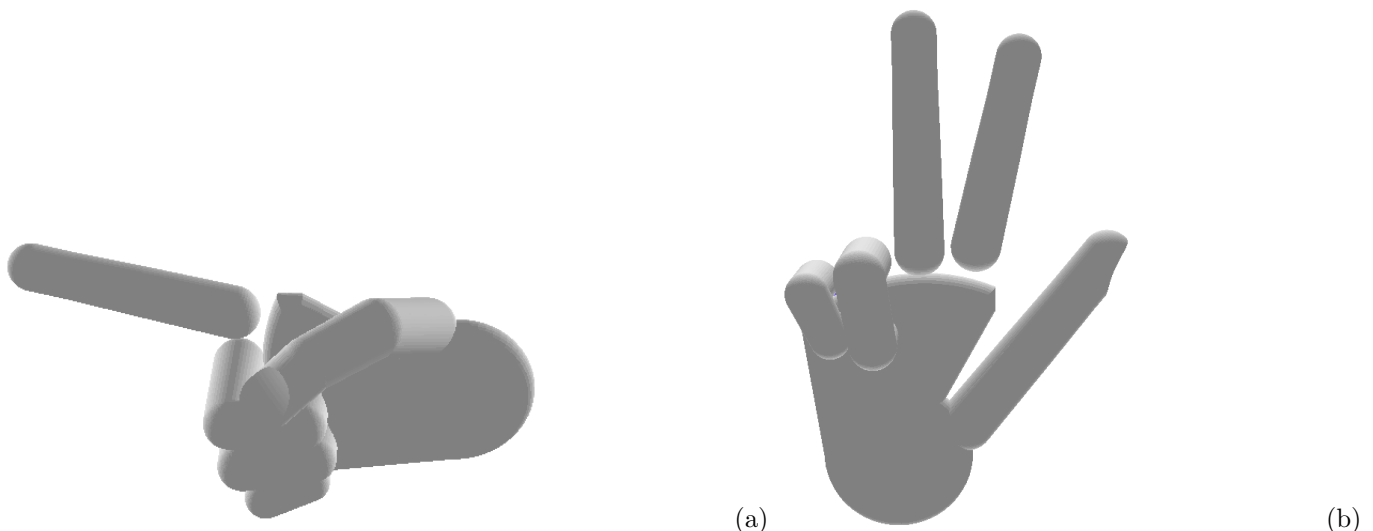


Figure 1: Two examples of gestures that can be performed by the hand: pointing (a) and counting (b).

Human-Humanoid Interaction by verbal dialogue: Nao humanoid robot with dialogue toolkit

Chandrakant Bothe *

Jérôme Lehuen **

Yannick Aoustin *

* L'UNAM, Institut de Recherche en
Communications et Cybernétique de Nantes,
Ecole Centrale de Nantes,
UMR CNRS 6597, Nantes, France
chandrakant-ramesh.bothe@eleves.ec-nantes.fr
yannick.aoustin@ircsyn.ec-nantes.fr

** L'UNAM, Language and Speech
Technology Team,
Universite de Maine,
72085 Le Mans, France
jerome.lehuen@univ-lemans.fr

Abstract This summary describes a work to develop spoken natural language user interface for humanoid robot. There have been many attempts and studies to develop human robot interaction techniques. However, it is still complicated for us to create a spoken dialogue system for humanoid robot. In order to solve this problem, we propose to use a natural language user interface using a linguistic approach. In this approach we used the Yet Another Dialogue Tool Kit (YADTK), which is a rule based dialogue system. This method gives a flexibility to make humanoid robot communicate naturally as a human, and become a great intelligent personal assistance. By linking a dialogue toolkit with humanoid robot software, it is possible to control and interact verbally. The dialogue toolkit is applied on a Nao humanoid robot. Understanding the abilities of the Nao robot has shown a powerful demonstration with good results. The successful results of this technique elicit an important aspect that we can apply to any humanoid robot in order to extend its capabilities in terms of verbal interaction. As verbal interaction is a key feature of humans, this can also be extended to artificial intelligence of robot.

In this demonstration, we will show how dialogue toolkit (YADTK) works, how Nao robot is controlled by YADTK. Then extending abilities of Nao we will use vision to explore environment for navigation. So Nao will be able to navigate himself by asking human agent, or human agent will be able to ask Nao to find correct path in the environment. That will make Nao robot socially assistive.

Index Terms— artificial intelligence, dialogue toolkit, humanoid robot, intelligent personal assistance, linguistic, natural language user interface.

References

- [1] Jérôme Lehuen and Thierry Lemeunier, On A Robust Semantic Parser Designed for Spoken Dialog Systems, 2010 IEEE Fourth International Conference Semantic Computing (ICSC 2010), Pittsburgh, PA (USA), 978-0-7695-4154-9/10, 22-24, IEEE, 2010.
- [2] Jérôme Lehuen and Thierry Lemeunier, On A Language Model for Human-Machine Dialog: The Reversible Semantic Grammar, 7th International Workshop on Natural Language Processing and Cognitive Science (NLPCS 2010), Funchal, Madeira (Portugal), June 2010.
- [3] Johan Michel and Jérôme Lehuen, On An environment to learn language by simulation, Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05), 0-7695-2338-2/05, IEEE, 2005.
- [4] Aldebaran, Nao humanoid robot, <https://www.aldebaran.com/en/humanoid-robot/nao-robot>.
- [5] Adam Csapo, Emer Gilmartin et al., on Speech, gaze and gesturing: multimodal conversational interaction with Nao robot, The 8th International Summer Workshop on Multimodal Interfaces, Supelec, Metz, France, pp 7-12, July 2012.
- [6] Matarić, M. J., "Socially Assistive Robotics", *IEEE Intelligent Systems*, 21(4), Jul/Aug 2006, 81-83.

Towards a new approach to control highly redundant robots.

Vinicius Mariano,
Federal University of Minas Gerais, Brazil
Philippe Fraitse,
LIRMM, Montpellier, France

In this presentation, a general optimization-based approach for trajectory generation based on differential inverse kinematics and task functions will be presented. Formal results concerning stability and continuity for this approach can be given. A particular case of this formulation will be presented in more detail, and it will be shown that it can induce interesting characteristics in the trajectory.

Asservissement visuel pour la coordination de bras manipulateurs

Renliw Fleurmond, Viviane Cadenat
CNRS, LAAS, 7 avenue du Colonel Roche, F-31400 Toulouse, France
Univ de Toulouse, UPS, LAAS, F-31400 Toulouse, France
rfleurmo@laas.fr, cadenat@laas.fr

Résumé

La problématique de la manipulation à deux bras a été abordée dès les années 80 [1]. Le développement actuel de nombreux robots anthropomorphes et destinés à aider l'homme dans sa vie quotidienne, montre l'intérêt croissant de cette problématique. Comme pour l'homme, le fait d'avoir plusieurs bras permet d'effectuer des tâches de manipulation complexes et permet notamment de manipuler des objets plus lourds, flexibles, ou d'assembler différentes pièces. Cependant la réalisation de ce type de tâche nécessite que les bras coopèrent. Il faut donc mettre en place une *coordination* entre des bras manipulateurs du robot. C'est à ce problème que nous nous intéressons dans cette thèse.

De nombreux travaux se sont penchés sur cette coordination [1]. L'asservissement basé sur les seules positions des organes terminaux, n'étant pas assez robuste, la plupart des techniques telles que la commande hybride position/force, ou par impédance exploitent des données extéroceptives. Bien que la vision soit un capteur largement utilisé en robotique, à notre connaissance, peu de techniques ont exploité l'asservissement visuel dans le contexte de la manipulation à deux bras, et dans la plupart des cas, la coordination est souvent très limitée [2].

Notre propos est de réaliser une vraie coordination des deux bras par asservissement visuel [3]. La tâche considérée consiste à effectuer une tâche d'assemblage typiquement humaine: refermer un stylo. Pour cela, inspiré par les travaux d'Adorno [4], nous avons choisi de définir une erreur, caractérisant la pose relative entre les objets manipulés. Contrairement à [4], cette erreur a été exprimée en terme d'indices visuels et non en terme de situation. En procédant de cette manière, nous avons défini une stratégie de commande, qui bénéficie des avantages de l'asservissement visuel 2D [5]. De plus, cette stratégie contraint peu les mouvements de chaque bras, ce qui permet d'ajouter des contraintes telles l'évitement des butées, la visibilité des objets, etc [6]. Nous avons de plus développé une approche permettant de reconstruire les indices visuels en cas d'occultation totale des caméras. Notre approche est actuellement soumise à IROS.

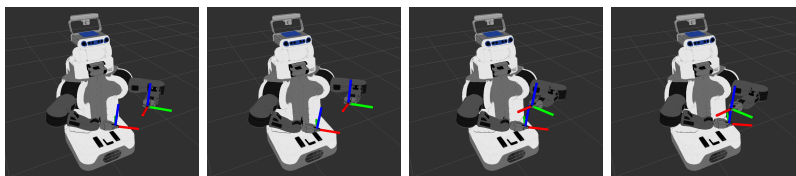


FIGURE 1 – Exécution de la tâche de coordination par asservissement visuel.

La figure 1 montre les résultats obtenus en simulation sous ROS. Ceux-ci sont prometteurs malgré l'importance des bruits injectés, et nous travaillons actuellement sur la validation expérimentale de notre approche sur le robot PR2.

Références

- [1] C. Smith, Y. Karayiannidis, L. Nalpantidis, X. Gratal, P. Qi, D.V. Dimarogonas, and D. Kragic. Dual arm manipulation - a survey. *Robotics and Autonomous Systems*, 60(10):1340 – 1353, 2012.
- [2] N. Vahrenkamp, C. Boge, K. Welke, T. Asfour, J. Walter, and R. Dillmann. Visual servoing for dual arm motions on a humanoid robot. In *9th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, pages 208–214, 2009.
- [3] F. Chaumette and S. Hutchinson. Visual servo control part 1: Basic approaches. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 13(4):82–90, December 2006.
- [4] B.V. Adorno. *Two-arm Manipulation: From Manipulators to Enhanced Human-Robot Collaboration*. PhD thesis, Université Montpellier II, 2011.
- [5] Renliw Fleurmond and Viviane Cadenat. Multi-cameras visual servoing to perform a coordinated task using a dual arm robot. In *International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, September 2014.
- [6] Renliw Fleurmond and Viviane Cadenat. A redundancy based control law for executing a coordinated vision-based task using a dual arm robotic system. In *IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their application to Mechatronics*, 2015. To appear.

Grasping by Romeo with visual servoing

Giovanni Claudio, Fabien Spindler and François Chaumette
Lagadic group at Inria Rennes-Bretagne Atlantique & Irisa
Campus Universitaire de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex

`giovanni.claudio@inria.fr`, `fabien.spindler@inria.fr`, `francois.chaumette@irisa.fr`

Abstract

The purpose our work is to improve the visual servoing framework proposed in [1] for the upper body of the humanoid robot REEM, on Romeo a 37 degrees of freedom humanoid robot designed by Aldebaran Robotics. The main application is a manipulation task using one of its arms. The robot has to detect and to track with its gaze a box placed on a table in front of him, estimate the pose of the box with respect to one of its eye's camera, approach its arm near the box and then move the arm using visual feedback so that it is able to grasp the box accurately. Once this is achieved, it detects a human and delivers the box (see sequence in fig 1). In order to improve the robustness and to overcome the coarse calibration of the robot a visual servoing approach is used.

The implementation is composed by two controllers: an arm and a head gaze velocity controller. Each of Romeo's arm is composed by seven degrees of freedom (two on the shoulder, two on the elbow and three on the wrist). Since the hand is not equipped with any force sensors, only vision is used to determine when the hand is near enough to the box to perform a successful grasping. To compute the pose of the hand we use a QR-Code (automatically detected) located on the hand. Since the box has known dimensions, the model based tracker available in ViSP¹[2] allows to compute its pose in the space. This is a typical eye-to-hand Pose-Based Visual Servoing (PBVS) [3] to move the hand from the actual pose (extracted estimating the pose of the QR-Code) to the desired one (the grasping pose computed from the actual pose of the box). Note that the box can be placed on any reachable location and that the arm will adjust reactively its pose if the box is moved during the grasping process. Furthermore, the aim of the gaze controller is to keep both the hand (QR-Code) and the box in the field of view of the eye's camera. For this task two joints on the neck, two on the head plus two joints on the eye are used. This is a typical eye-in-hand Image-Based Visual Servoing (IBVS) in which the visual feature is the midpoint of the QR-Code and the box position in the image.

For both controllers the redundancy-based strategy proposed in [4] for the avoidance of joint limits is used. Thanks to the large projection operator the robot avoids the joint limits very smoothly even when the main task constrains all the robot degrees of freedom. From the implementation point of view mainly three libraries are used: ViSP (model-based and template tracker, pose estimation, image and pose visual servoing), Metapod² from LAAS (kinematic model) and OpenCV³ (face detection).

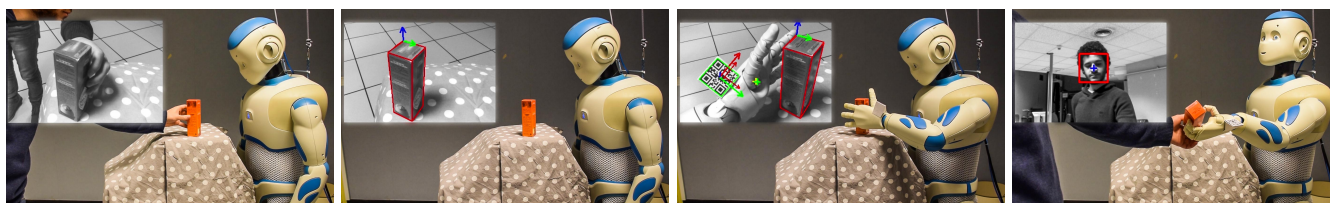


Figure 1: Romeo grasping a box and delivering it to a human.

References

- [1] D.J. Agravante, J. Pages, F. Chaumette, "Visual servoing for the REEM humanoid robot's upper body", IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, ICRA'2013, Karlsruhe, Germany, May 2013.
- [2] A. Comport, E. Marchand, F. Chaumette, "Efficient model-based tracking for robot vision", Advanced Robotics, Special issue on Selected papers from IROS'04, 19(10):1097-1113, October 2005.
- [3] F. Chaumette, S. Hutchinson, "Visual servo control, Part I: Basic approaches", IEEE Robotics and Automation Magazine, 13(4):82-90, December 2006.
- [4] M. Marey, F. Chaumette, "New strategies for avoiding robot joint limits: Application to visual servoing using a large projection operator", IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, IROS'2010, Taipei, Taiwan, October 2010.

¹<http://team.inria.fr/lagadic/visp>

²<https://github.com/laas/metapod>

³<http://opencv.org/>

Poppy – la plateforme robotique humanoïde qui s'adresse à tous

Matthieu Lapeyre, Pierre Rouanet, Jonathan Grizou, Nicolas Rabault, Patrick Guillaud, Stéphane Ribas,
Pierre-Yves Oudeyer
Inria, France

<http://www.poppy-project.org>

Description

Dans cette présentation, nous parlerons brièvement de l'histoire de poppy, robot humanoïde (84 cm, 3 kg) open-source et imprimé en 3D. Nous présenterons ensuite la plateforme réunissant informatique (python), électronique (arduino), "mécanique" (moteur) et fabrication (imprimante 3D). Nous insisterons sur la partie programmation du robot en python.

Résumé

Poppy – coquelicot en français – est un petit robot humanoïde (84 cm, 3 kg) open-source et imprimé en 3D créé par l'équipe de recherche Flowers. C'est une plateforme robotique commune d'échange. Elle a pour but de tester différentes morphologies mécaniques et algorithmes de contrôle du robot et de partager entre utilisateurs les résultats obtenus. Depuis l'ouverture de la plateforme, plusieurs projets ont vu le jour dans le monde entier et dans des univers très variés (recherche, art, éducation,...). Poppy arrive également dans les écoles et les FabLabs pour l'éducation au monde numérique.

Dans cette présentation, nous parlerons brièvement de l'histoire de poppy et ses objectifs. Nous présenterons ensuite la plateforme réunissant informatique (python), électronique (arduino), "mécanique" (moteur) et fabrication (imprimante 3D). Enfin, nous terminerons cette présentation sur la création et l'animation de la communauté Poppy (plus de 600 membres). Il s'agit de présenter quelques (bonnes?) pratiques que nous avons mis en place et qui ont été testé par le passé sur d'autres projets (AspireRFID, Natron...) de notre institut ! Nous discuterons aussi des erreurs commises (pour la création/animation de communauté).

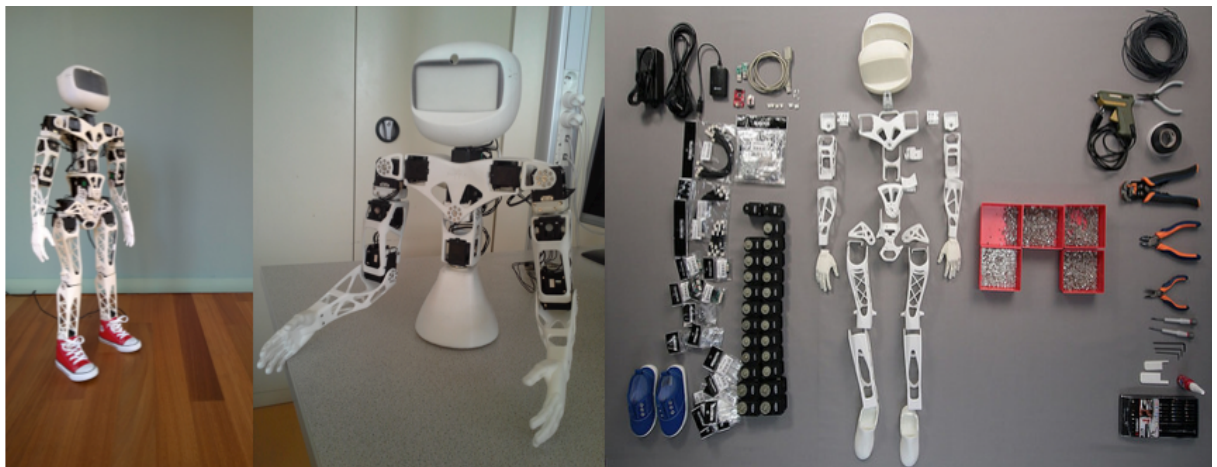


Figure 1 Left: open-source 3D printed Poppy Humanoid robots; Middle: Poppy Torso robot; Right: Poppy Humanoid robot kit.

See and touch : visio-haptic control for safe physical interaction with humanoids

Andrea Cherubini
LIRMM, 161 Rue Ada
34090 Montpellier, France
cherubini@lirmm.fr

Abstract

A fundamental requirement for the success of human-robot copresence is the capability to handle the physical contact between the two agents. In this sense, haptic feedback becomes mandatory to achieve safe and dependable interaction. Concurrently, the robot must be capable of recognizing the intentions of the human, to properly adapt its behaviour. A rich non-verbal communication channel for transferring this information is vision. Thus, combining vision with haptics (force/tact) becomes crucial. In this talk, I will present our recent works, that exploit multimodal perception, to guarantee safe interaction between robots and humans. Three case studies will be presented: touch-based interaction with a robotic humanoid, collaborative assembly, and cooperative object carrying.

References

- [1] A. Cherubini, R. Passama, P. Fraise, A. Crosnier. A unified multimodal control framework for human-robot interaction. *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 70, August 2015, pp. 106-115.
- [2] D. Petit, P. Gergondet, A. Cherubini, A. Kheddar. An integrated framework for humanoid embodiment with a BCI. In *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, ICRA 2015*.
- [3] A. Paolillo, A. Cherubini, F. Keith, A. Kheddar, M. Vendittelli. Toward Autonomous Car Driving by a Humanoid Robot: A Sensor-Based Framework. In *14th IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots, Humanoids 2014*.
- [4] D. J. Agravante, A. Cherubini, A. Bussy, P. Gergondet, A. Kheddar. Collaborative Human-Humanoid Carrying Using Vision and Haptic Sensing. In *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, ICRA 2014*.
- [5] A. Cherubini, R. Passama, A. Meline, A. Crosnier, P. Fraise. Multimodal Control for Human-Robot Cooperation. In *IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, IROS'13*, JTCF Novel Technology Paper Award for Amusement culture finalist.
- [6] D. J. Agravante, A. Cherubini, A. Bussy, A. Kheddar. Human-Humanoid Joint Haptic Table Carrying Task with Height Stabilization Using Vision. In *IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, IROS'13*.

Dual-arm robotics applications in aeronautics operations.

Damien Sallé – TECNALIA – damien.salle@tecnalia.com

The proposed talk will introduce Tecnia and Airbus Spain ongoing work to apply dual-arm robotics in pilot cells for aeronautics assembly operations.

The underlying objective is to provide a robust solution to the current situation in European manufacturing: two factors are converging to generate high constraints on traditional automation solution: to keep up with the introduction of robotics in factories,

- New processes must be automated, of higher technical complexity and thus lower profitability. This is a strong requirement in aeronautics.
- Production lines must cope with the major trend of product customization, leading to a very high mix of products to be handled by a single robotic system. In aeronautics, this high mix comes for the high number of apparently similar components, but in reality individually different in size and shape between each other.

These new factors have a direct impact: the automation system requires higher flexibility: a unique system must handle a very high diversity in both products and operations. Today the robot should perform assembly of a given component and various variants, and tomorrow perform the assembly of a different component...

In such context dual-arm robots provide de-facto benefits through the versatility of operations that their two hands can carry out. But the biggest difference between a human and a robot still rely on the capability for the operator to perceive its environment, locate parts and adapt to the reality. Those key capabilities are being developed in Tecnia for robotic systems and will be introduced in the proposed presentation.

The proposed presentation will illustrate these technological developments by introducing the various demonstrators developed in collaboration between Tecnia and Airbus Spain, leading to the soon-to-come deployment in production of the pilot station for rib deburring.



Planification de tâches de manipulation en collaboration avec l'homme

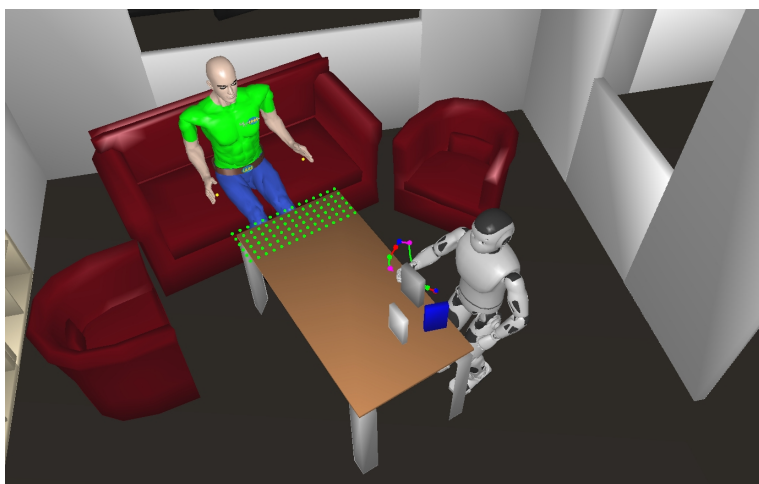
Renaud Viry, Thierry Siméon, Rachid Alami
LAAS-CNRS, Toulouse, France,
renaud.viry@laas.fr, thierry.simeon@laas.fr, rachid.alami@laas.fr

Résumé

La planification de tâches de manipulation pour un robot humanoïde dans un contexte d'interaction avec l'homme nécessite le développement de nouvelles approches permettant de gérer à la fois le nombre de degrés de liberté élevé du système et les contraintes spécifiques à l'aspect humanoïde ou à l'interaction homme-robot.

Dans ce cadre, nous présentons une méthode de raisonnement et de planification géométrique prenant en compte le partenaire humain, à travers des notions d'accessibilité et de visibilité [1], [2]. Cette méthode est basée sur des algorithmes intégrés dans les logiciels Move3D [3] et HPP [4], développés au LAAS, et permet de planifier des tâches de manipulation d'objets par le robot humanoïde en tenant compte d'un modèle de l'humain et de ses propres capacités et contraintes dans la réalisation de la tâche. Les paramètres spécifiques des tâches et les espaces de recherche associés sont définis automatiquement au sein de cette architecture qui résout alors les sous-problèmes de planification ainsi générés. Un plan, sous forme d'une séquence de tâches, peut ensuite être construit à partir des solutions calculées [5]. La dimensionnalité élevée du robot humanoïde implique cependant un coût calculatoire élevé, en particulier lors de la résolution de la cinématique inverse et de la planification du mouvement. La méthode a ainsi été adaptée afin de d'améliorer les performances de l'approche pour une meilleure réactivité de l'interaction avec l'humain.

Une application de cette architecture au robot Roméo ainsi que des premiers résultats seront présentés.



Exemple de tâche de saisie d'un objet dans l'objectif de l'apporter au partenaire humain. La grille verte montre les placements possibles pour que l'objet soit accessible par l'homme.

Références

- [1] A.K. Pandey, R. Alami, "Mightability: A Multi-state Visuo-spatial Reasoning for Human-Robot Interaction", Springer Tracts in Advanced Robotics, Vol. 79, pp. 49-63, 2014
- [2] E.A. Sisbot, L.F. Marin-Urias, R. Alami, T. Siméon, "A Human Aware Mobile Robot Motion Planner", IEEE Transactions on Robotics, Vol. 23, 2007
- [3] T. Siméon, J.-P. Laumond, F. Lamiroux, "Move3D: A generic platform for path planning", IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning (ISATP), pp. 25-30, 2001
- [4] F. Lamiroux, J. Mirabel, "HPP: a new software framework for manipulation planning", <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01138118>, pré-publication soumis à IROS2015
- [5] L. de Silva, M. Gharbi, A.K. Pandey, R. Alami, "A new approach to combined symbolic-geometric backtracking in the context of human-robot interaction", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 3757-3763, 2014

Des thématiques de la robotique humanoïde appliquées à des cas industriels concrets

A. Jubien¹, E. Paquet¹, M. Gautier², S. Garnier¹, B. Furet¹

¹IUT Nantes – Laboratoire IRCCyN
(Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes)
2 avenue du Professeur Jean Rouxel – BP 539
44475 Carquefou Cedex – France

{anthony.jubien, elodie.paquet, sebastien.garnier, benoit.furet}@univ-nantes.fr

²Université de Nantes – Laboratoire IRCCyN
Ecole Centrale de Nantes
1, rue de la noé – BP 92101
44321 Nantes Cedex 03 – France

maxime.gautier@irccyn.ec-nantes.fr

Résumé

Plusieurs thèmes abordés par la robotique humanoïde ou communs à cette dernière sont de plus en plus appliqués à certains cas industriels concrets. Parmi ces thèmes, on trouve la modélisation, l'identification, la simulation et la commande de systèmes mécaniques poly-articulés ; la gestion de la redondance ; la gestion des interactions avec l'environnement ; l'interaction homme-machine (cobotique) ainsi que l'élaboration de trajectoire bio-inspirées par l'humain. Les projets *COPERBOT* (COmposite PERfection coBOT, figure 1), *CROX* (Cellule RObotisée pour le contrôle par rayons X) et *MammoNext* (Mammo. Next generation, figure 2), auxquels l'*IRCCyN* participe, seront présentés et illustreront des applications industrielles.

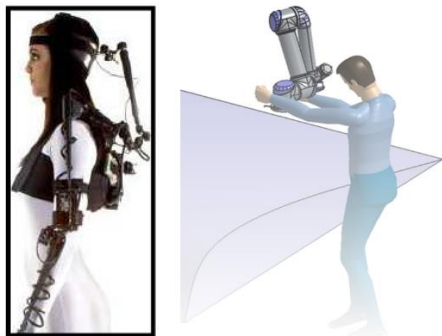


Figure 1 – Capture de mouvements et utilisation d'un robot Universal Robots, projet *COPERBOT*



Figure 2 – Positionneur de mammographie et robot Kuka *LBR-IIWA*, projet *MammoNext*

Virtual ergonomics for the design of collaborative robots

P. Maurice

Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique,
UMR CNRS 7222, France,
maurice(at)isir.upmc.fr

Résumé

The growing number of musculoskeletal disorders in industry [1] could be addressed by the use of collaborative robots, which allow the joint manipulation of objects by both a robot and a person [2]. However the efficiency of a collaborative robot regarding the reduction of musculoskeletal disorders risks is highly task-dependent. Yet, even when designing dedicated systems, the ergonomic benefit provided by the robot is hardly ever quantitatively evaluated, because of the lack of relevant assessment tools [3].

This work presents a generic tool for performing accurate ergonomic assessments of co-manipulation activities (*i.e.* activities executed with the assistance of a collaborative robot), with very little input data. This tool relies on an evaluation carried out within a digital world, using a virtual manikin to simulate the worker. Indeed, the simulation with a virtual manikin enables easy access to many detailed biomechanical quantities, for different kinds of human morphologies. Besides in the case of collaborative robotics, a virtual - instead of a physical - mock-up of the robot is used, which can be more easily modified.

A framework is developed to enable the estimation of the different biomechanical solicitations which occur during manual activities. Multiple ergonomic indicators are defined and measured through a dynamic simulation of the considered co-manipulation activity (Fig. 1). The virtual manikin is animated through a LQP optimization technique [4], and the robot is controlled according to the manikin-robot interaction force. However, the high number of indicators that are measured makes any kind of conclusion difficult for the user. Hence, a methodology for analyzing the sensitivity of the various indicators to the robot and task parameters is proposed [5]. The goal of such an analysis is to reduce the number of ergonomic indicators which are considered in an evaluation, while sufficiently accounting for the global ergonomic level of the considered activity.

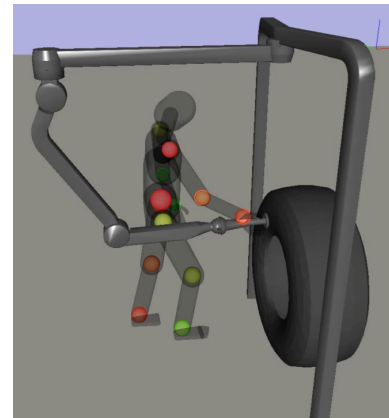


FIGURE 1 – Dynamic simulation of co-manipulation activities

Références

- [1] E. Schneider, X. Irastorza, "OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU - Facts and figures", European Agency for Safety and Health at Work, Tech. Rep., 2010.
- [2] J. Colgate, M. Peshkin, S. Klostermeyer, "Intelligent assist devices in industrial applications: a review", in Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2516?2521, 2003.
- [3] P. Maurice, Y. Measson, V. Padois, P. Bidaud, "Experimental assessment of the quality of ergonomic indicators for collaborative robotics computed using a digital human model", in Proceedings of the 3rd Digital Human Modeling Symposium, Tokyo, Japan, 2014.
- [4] J. Salini, V. Padois, and P. Bidaud, "Synthesis of complex humanoid whole-body behavior: a focus on sequencing and tasks transitions" in Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1283-1290, 2011.
- [5] P. Maurice, P. Schlehuber, V. and Padois, P. Bidaud, and Y. Measson. "Automatic selection of ergonomic indicators for the design of collaborative robots: a virtual- human in the loop approach", in Proceedings of the IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 2014

Trajectoires et contrôle des robots manipulateurs interactifs

Daniel Sidobre, Ran Zhao

CNRS, LAAS, 7 avenue du colonel Roche, F-31400 Toulouse, France;

and Univ de Toulouse; UPS, LAAS; F-31400 Toulouse, France.

daniel.sidobre@laas.fr, ran.zhao@laas.fr

Résumé

Le développement de la robotique de service et de la réalisation de tâches collaboratives est limité par les problèmes de communication et de sécurité. Par exemple, l'échange d'objet qui est naturel et intuitif entre humain est encore difficile avec un robot. De même, la réactivité à l'évolution de l'environnement et aux actions des humains nécessitent de nombreux capteurs et des calculs très lourds.

Cette complexité a conduit de nombreux roboticiens à privilégier l'apprentissage qui permet de réaliser des tâches en apparence très complexes de manière assez simple. Le processus d'apprentissage fournit une trajectoire que le robot suit. De nombreuses stratégies ont été proposées pour construire la trajectoire. Le contrôle est avantageusement réalisé en deux niveaux [1], un contrôleur de bas niveau réalise, par exemple, une commande par impédance et un de niveau supérieur assure le suivi de trajectoire. La trajectoire à suivre constitue alors le second membre d'une équation différentielle dont les paramètres définissent la réponse souhaitée du système aux perturbations.

Toutefois, pour des tâches plus complexe où ne pouvant pas être apprises, il peut être utile de planifier une nouvelle trajectoire avant que la précédente ait été entièrement réalisée. Dans ce cas, la connaissance précise de la trajectoire qui va être réalisée permet d'anticiper le mouvement du robot et de mieux planifier la suite. Par exemple, lorsque le robot saisit un objet tendu par un humain, il essaie de rejoindre une trajectoire de saisie définie par rapport à l'objet. Lorsque l'humain bouge, la trajectoire réalisée dans cette première phase peut être très différente de la trajectoire initialement planifiée. Nous proposons de planifier en temps réel d'une trajectoire permettant de rejoindre la trajectoire de saisie. L'exécution directe du début de cette trajectoire définie un contrôleur plus avantageux que celui défini par l'équation différentielle. En effet, il fournit une trajectoire qui anticipe le mouvement et peut être utilisée par un planificateur de plus haut niveau. Ce dernier pourra si besoin choisir une nouvelle prise et une trajectoire de saisie mieux adaptée au nouveau contexte.

De même, les algorithmes temps réel de calcul de trajectoire [2, 3] que nous avons développés permettent de prendre en compte des bornes en vitesse, accélération et jerk. Ces bornes permettent, d'une part, d'assurer la sécurité et le confort des utilisateurs et, d'autre part, de prendre en compte les limites des actionneurs. Nous montrerons les avantages de l'utilisation intensive de trajectoire au travers de l'exemple de l'assemblage collaboratif d'un joint Rzeppa (Voir figure 1).

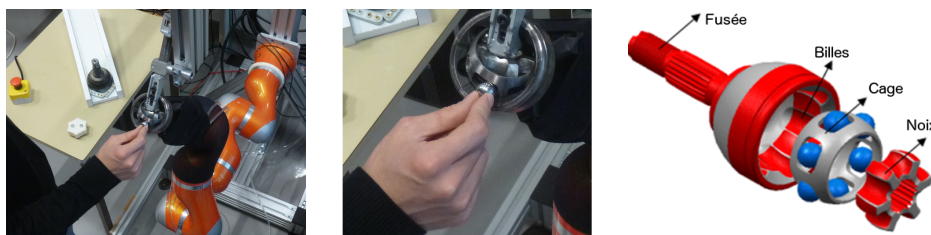


FIGURE 1 – Tâche d'assemblage collaborative, insertion d'une bille de joint homocinétique Rzeppa

Références

- [1] Auke Jan Ijspeert, Jun Nakanishi, Heiko Hoffmann, Peter Pastor, and Stefan Schaal. Dynamical movement primitives: learning attractor models for motor behaviors. *Neural computation*, 25(2):328–373, 2013.
- [2] Xavier Broquere, Daniel Sidobre, and Ignacio Herrera-Aguilar. Soft motion trajectory planner for service manipulator robot. *Intelligent Robots and Systems, 2008. IROS 2008. IEEE/RSJ International Conference on*, pages 2808–2813, Sept. 2008.
- [3] Ran Zhao, Daniel Sidobre, and Wuwei He. Online via-points trajectory generation for reactive manipulations. In *Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2014 IEEE/ASME International Conference on*, pages 1243–1248. IEEE, 2014.

Planning highly dynamic motions for compliant manipulators: in pursuit of the longest pitch by KUKA LWR

Sergey Kolyubin, Anton Shiriaev

Industrial Robotics Lab., Dept. of Engineering Cybernetics, NTNU,
7491, Trondheim, Norway
sergey.kolyubin@ntnu.no

Abstract

Our work addresses the problem of planning an optimal pitching motion for compliant serial manipulators given angle, velocity, and torque constraints.

Research efforts on planning throwing trajectories have a practical interest. Indeed, such a type of dynamic manipulation can increase a working range and shorten an operation cycle time in various applications, e.g. for fast sorting. Compliant arms are of special interest, while due to the spring behavior of storing and releasing energy, one can achieve much higher velocities compared to the rigid-body case simultaneously lowering resulting power consumption.

Compared to preceding results [1], this work introduces a generic framework for solving the problem of planning the longest pitch. It shows how the underlying approach can be scaled up for serial manipulators with arbitrary number of degrees of freedom.

We split the task on two stages:

1. Find an optimal release configuration corresponding to the maximum pitching distance assuming that joint velocities reach its upper bounds at this point.
2. Plan a swing motion from a start configuration with zero initial velocity to the desired release configuration with maximum joint velocities that will satisfy imposed dynamic constraints.

This way we can decompose an original infinite-dimensional problem into finite number of similar steps. Computational complexity of the nonlinear optimization task is reduced applying a novel motion parametrization method based on virtual holonomic constraints [2].

Results of the proposed multi-parametric optimization procedure include an optimal release configuration, temporal control torques' profiles satisfying dynamic constraints, and optimal stiffness coefficients for compliant joints. We also successfully conducted several experiments with the KUKA LWR4+ arm to illustrate the proposed approach and compare simulation and real-life results (see Fig. 1).

The proposed method has no principal limits to be implemented for planning human-like pitching motions and adapted for legged robots, e.g. to find ball kicking trajectories or walking gaits with certain impact velocities.

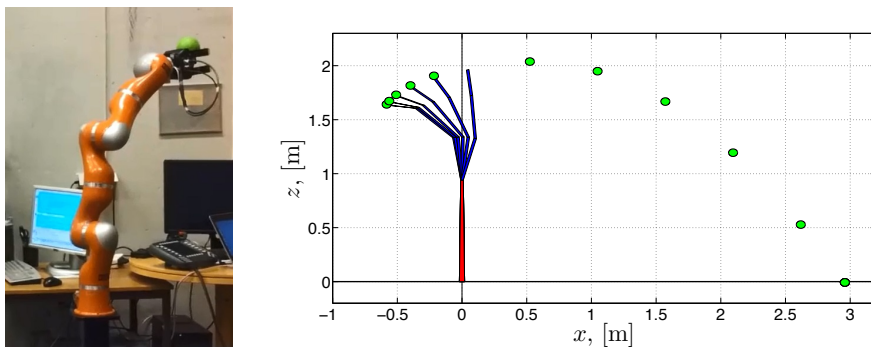


Figure 1: KUKA LWR ball pitching setup and visualization of the planned pitch trajectory

References

- [1] Uwe Mettin and Anton S. Shiriaev, "Ball-pitching Challenge with an Underactuated Two-Link Robot Arm", *Proc. 18th IFAC World Congress*, pp.11399–11404, 2011.
- [2] Shiriaev, A., J.W. Perram and C. Canudas-de-Wit "Constructive Tool for Orbital Stabilization of Underactuated Nonlinear Systems: Virtual Constraints Approach", *IEEE Trans. on Automatic Control*, 50(8), 1164–1176, 2005.

Solveur non linéaire pour la marche des robots humanoïdes

M. Naveau*, O. Stasse*, M. Kudruss**, P. Souères*, K. Mombaur**
Laboratoire d'Architecture et d'Analyse des Systèmes,
Toulouse, UPR CNRS 8001, France,
*{prenom.nom}@laas.fr,
**{prenom.nom}@iwr.uni-heidelberg.de,

Résumé

Au sein du projet Koroibot, notre équipe explore la marche des robots humanoïdes en utilisant des modèles mathématiques d'optimisation.

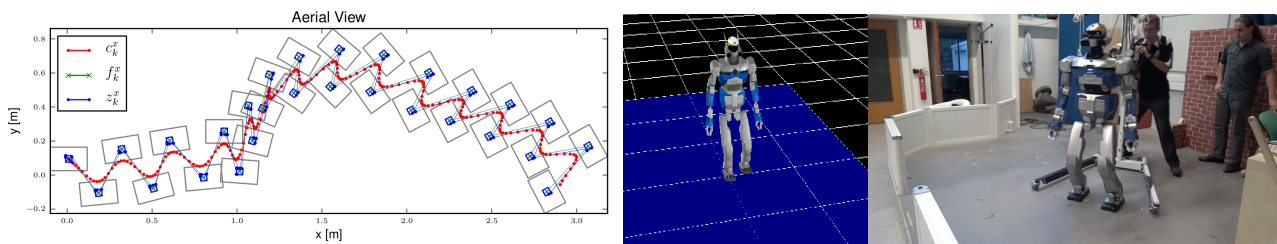


FIGURE 1 – (gauche) Résultat du problème d'optimisation, (centre) Vue du simulateur dynamique OpenHRP (Kawada), (droite) Expérience sur le robot HRP2

L'idée principale est de pouvoir contrôler les robots humanoïdes comme des plates formes mobiles. Plus particulièrement nous voulons piloter la vitesse linéaire du centre de masse des robots ainsi que la vitesse angulaire de leur base. Pour ce faire P.-B. Wieber et A. Herdt ont montré, dans [1], qu'il été possible de calculer automatiquement une succession de pas réalisables permettant au robot de suivre au mieux une référence en vitesse $(\dot{x}, \dot{y}, \dot{\theta})$. Pour éviter la non linéarité sur l'orientation du robot (voir figure-2 et figure-3), le suivi de la vitesse angulaire est fait dans un premier temps, et le suivi de la vitesse linéaire dans un deuxième. Cela a pour effet de résoudre deux QP (*Quadratic Program*) avec des contraintes linéaires. Dans notre étude nous nous sommes attaché à résoudre ce problème en une seule étape. Nous avons écrit le problème dans sa forme non linéaire et nous l'avons résolu au moyen d'un SQP (*Sequential Quadratic Program*). Le résultat de notre algorithme est montré figure-1-(gauche). Cette figure montre l'évolution du centre de masse en rouge, du *zero momentum point* ainsi que la succession de pas choisis par l'algorithme. Cette solution a été testée avec succès en simulation dynamique sur le robot HRP2 et dans le simulateur OpenHRP. Une image de la simulation est présentée figure-1-(centre). Une expérience a été réalisé sur le robot HRP2 au sein du LAAS-CNRS. La figure-1-(droite) montre le robot en train de d'exécuter la trajectoire articulaire calculée hors-ligne.

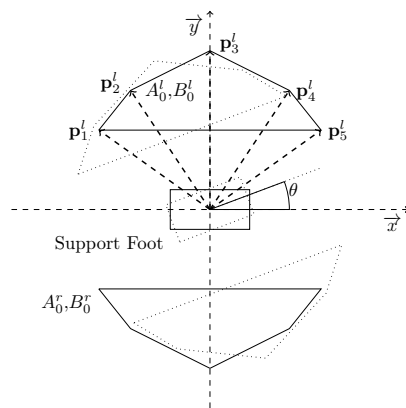


FIGURE 2 – Description de la zone où les pas du robot sont réalisables

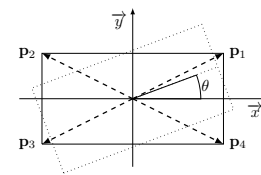


FIGURE 3 – Le *zero momentum point* doit rester dans l'enveloppe convexe du support

Références

- [1] A. Herdt and D. Holger and P.B. Wieber and D. Dimitrov and K. Mombaur and D. Moritz, "Online Walking Motion Generation with Automatic Foot Step Placement", *Advanced Robotics*, Vol. 24(5-6), pp. 719–737, 2010.

Self-Synchronization For Stable Walking of Bipedal Robots

Hamed Razavi, Anthony M Bloch, Christine Chevallereau, and Jessy W Grizzle
Mathematics Department of the University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA
Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes, France,
Electrical Engineering and Computer Science Department of the
University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

Abstract

Models of legged robot locomotion are hybrid, consisting of a continuous phase and a discrete phase. In this paper, we introduce a class of hybrid systems called Symmetric Hybrid Systems (SHS) and we will show that by picking appropriate outputs the zero dynamics of the legged system becomes a SHS. It is shown that a SHS has infinitely many synchronized solutions which become periodic orbits if they cross the switching surface of the hybrid system. The paper begins this process by studying the well-known 3D Linear Inverted Pendulum (LIP) model, where analytical results are much easier to obtain. A key contribution here is the notion of self-synchronization, which refers to the periods of the pendular motions in the sagittal and frontal planes tending to a common period. It is shown that the self-synchronized periodic orbits of a SHS are neutrally stable in kinetic energy, i.e. under a small perturbation the solution eventually becomes synchronized but will have a different level of kinetic energy. Then it is discussed how by adding asymmetries, which include gain of kinetic energy in the continuous phase and loss of kinetic energy in the discrete phase, to the system one can get asymptotically stable periodic orbits. To demonstrate this method for achieving asymptotically stable periodic orbits for legged systems a 9-DOF 3D biped is studied and it is shown numerically that by this method this biped follows a stable periodic orbit. [1].

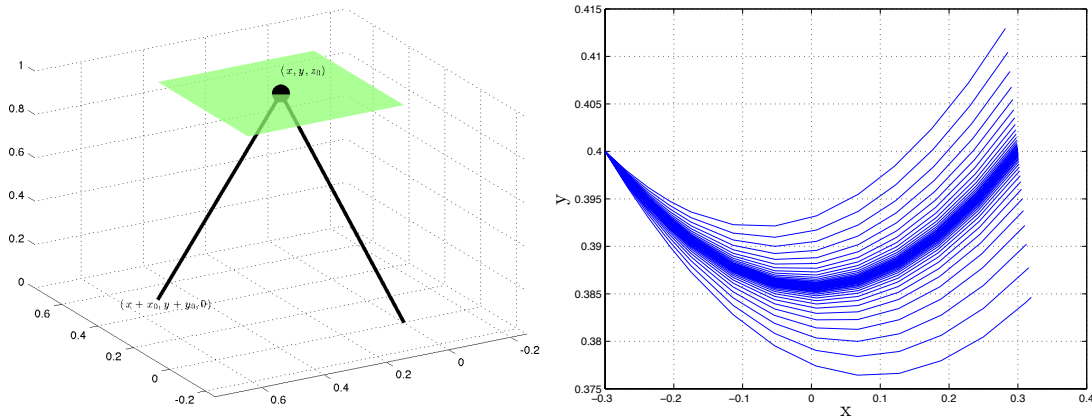


FIGURE 1 – Periodic orbit of 3D Linear Inverted Pendulum under the (x_0, y_0) -invariant gait is self-synchronized

Références

- [1] Hamed Razavi, Anthony M Bloch, Christine Chevallereau, and Jessy W Grizzle, Restricted discrete invariance and self-synchronization for stable walking of bipedal robots, American Control Conference, July 2015.

Virtual constraints and Hybrid Zeros Dynamics for a stable walking gait on ROMEO

D. Six C.Chevallereau Y.Aoustin
Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes,
UMR CNRS 6597, France,
six.damien@eleves.ec-nantes.fr
christine.chevallereau@irccyn.ec-nantes.fr
yannick.aoustin@irccyn.ec-nantes.fr

Abstract

Actual control of most humanoid robots is based on the 3D linear inverted pendulum (LIP3D) and assumes an horizontal displacement of the center of mass [5]. This method allows decoupled analytical expression of the center of mass motion. However, this model used in single support phase is generally unstable and requires preview control to insure walking stabilization[4].

Study based on the LIP3D [6] showed that an appropriate definition of the support change lead to self-synchronization of the motion between sagittal and frontal plane. Moreover, [2] showed that self-stabilization of the pendulum could be obtained by introducing vertical oscillations of the mass. Combining those properties, asymptotically stable walking gaits were numerically obtained on the inverted pendulum model.

In order to transfer the physical constraints applied on the center of mass to a model of the humanoid robot ROMEO with 31 DoFs, we used the method of virtual constraints and study the stability through hybrid zero dynamics [3]. This method showed its efficiency in the design of walking gaits by optimization techniques for planar bipeds [1]. Our approach differs by taking into accounts stability physical properties observed on the pendulum model in the constraints definition.

Numerical simulations showed that the asymptotic stability obtained on the inverted pendulum model is also observed on a complex model of the robot. The virtual constraints applied will allow the definition of a control law for experimentation on ROMEO.

References

- [1] Christine Chevallereau, Gabriel Abba, Yannick Aoustin, Franck Plestan, E R Westervelt, Carlos Canudas-de wit, and J W Grizzle. RABBIT : A Testbed for advanced Control Theory. *IEEE Control Systems Magazine*, pages 57–79, 2003.
- [2] Christine Chevallereau and Yannick Aoustin. Self-stabilization of 3D walking via vertical oscillations of the hip. In *International Conference on Robotics and Automation*, 2015.
- [3] J.W. Grizzle, Christine Chevallereau, and Ching-Long Shih. HZD-based control of a five-link underactuated 3D bipedal robot. *47th IEEE Conference on Decision and Control*, pages 5206–5213, 2008.
- [4] Shuuji Kajita, Hirohisa Hirukawa, Kensuke Harada, and Kazuhito Yokoi. *Introduction to humanoid robotics*. Springer, 2009.
- [5] Shuuji Kajita, Fumio Kanehiro, Kenji Kaneko, and Kazuhito Yokoi. The 3D Linear Inverted Pendulum Mode : A simple modeling for a biped walking pattern generation. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System*, 4:239–246, 2001.
- [6] Hamed Razavi, Anthony M. Bloch, Christine Chevallereau, and J. W. Grizzle. Restricted Discrete Invariance and Self-Synchronization For Stable Walking of Bipedal Robots. In *American Control Conference*, November 2015.

Présentation de la participation du LAAS au projet Européen FP 7 Koroibot

O. Stasse, M. Naveau, C. Vassallo, A. Del Prete, N. Mansard, P. Souères
Laboratoire d'Architecture et d'Analyse des Systèmes,
Toulouse, UPR CNRS 8001, France,
{prenom.nom}@laas.fr,

Résumé

Le projet Koroibot vise à améliorer les capacités de la marche des robots humanoïdes en utilisant des modèles mathématiques s'inspirant de l'homme, l'optimisation et l'apprentissage.

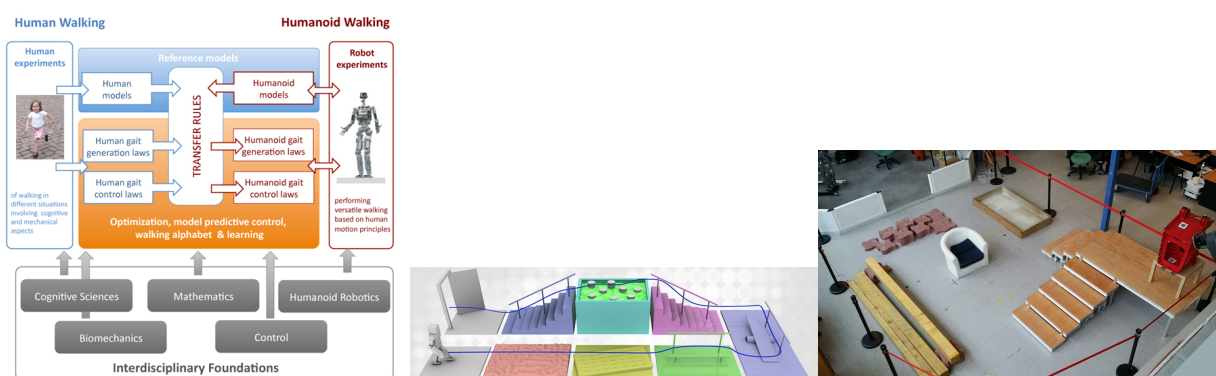


FIGURE 1 – (gauche) L'approche du projet Koroibot (centre) Vue schématique du challenge Koroibot (droite) Setup au LAAS

L'approche mise en place, et illustrée par la figure-1-(gauche), consiste à analyser les allures de marche chez les humains afin d'identifier les critères optimisés. L'outil mathématique pour effectuer ce travail est le contrôle optimal inverse. Le but est ensuite de mettre en place ces critères sur les robot humanoïdes des partenaires du consortium. Afin de mesurer les avancées du projet, un challenge, illustré par la figure-1-(centre) a été proposé. Celui-ci est adapté aux robots de chaque partenaire dont l'objectif est la réalisation d'un sous-ensemble de tâches. Celui qui a été mis en place au sein du LAAS est visible dans la figure-1-(droite). En utilisant des algorithmes permettant de générer des allures de marche en temps réel nous avons pu faire exécuter un certain nombre de comportements au robot humanoïde HRP-2. Sur chacun de ces comportements les indicateurs de performances du projet Koroibot ont été calculés. Les comportements et leur consommations exprimées en Joule par mètre sont donnés dans la table-1. Dans le cadre de cette présentation nous allons décrire les différents travaux scientifiques développés par l'équipe Gepetto du LAAS, pour étudier les performances de l'être humain et s'en inspirer afin d'améliorer les capacités du robot humanoïde HRP-2.

Allure de marche	J/m	Allure de marche	J/m
Marche en avant	47250	Pierres	161940
Terrain non plat	51800	Montée d'escaliers	256150
Marcher sur une pente	78930	Descente d'escaliers	133670

TABLE 1 – Consommation en Joule par mètre des comportements du challenge Koroibot

Generation of Dynamically Balanced Locomotion with Multiple Non-coplanar Contacts

Darwin Lau

Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique,
UMR 7222, UPMC Univ Paris 06, F-75005, Paris, France,
lau@isir.upmc.fr

Résumé

Studies of computationally and analytically convenient approximations of rigid body dynamics have brought valuable insight into the field of humanoid robotics. Additionally, they facilitate the design of effective walking pattern generators. Going further than the classical Zero Moment Point-based methods, this presentation presents new approaches to solve for 3D locomotion with multiple non-coplanar contacts using Model Predictive Control to generate dynamically balanced trajectories. The key features of the developed approaches include: 1) no restrictions or pre-defined trajectory of the centre of mass height; 2) multiple contacts simultaneously; and 3) allowing for non-planar contact points. Given a reference centre of mass trajectory and a defined sequence of contacts in the future prediction horizon, the method produces a stable dynamically balanced centre of mass trajectory.

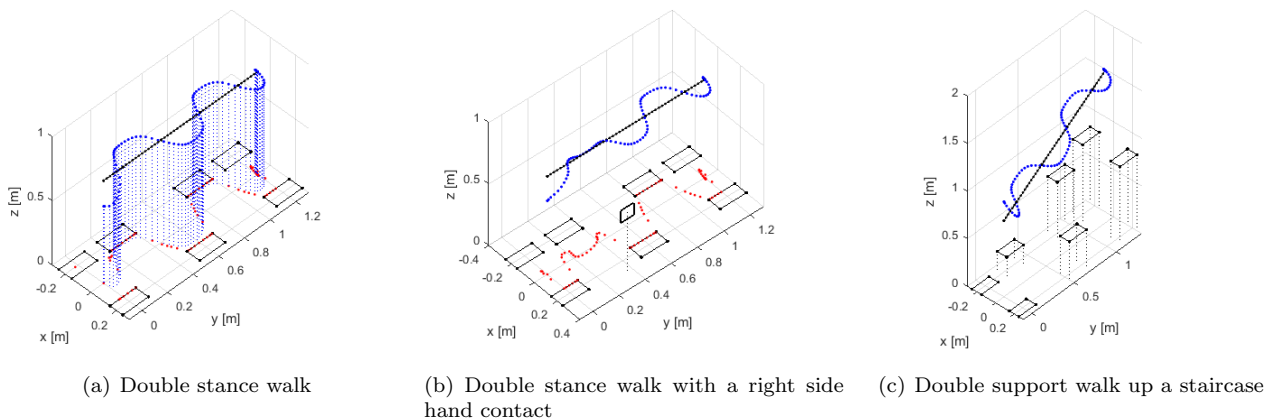


FIGURE 1 – Centre of mass results for different walking scenarios. Note that the black and blue trajectories represent the reference and generated centre of mass trajectories.

Figure 1 shows the generated centre of mass trajectory for different scenarios using the proposed formulation: a double feet walk pattern on flat ground like that studied in classical Zero Moment Point-based methods, a double feet walk pattern with an extra hand contact on the wall, and a double feet walk pattern going up a flight of stairs. To generate the locomotion patterns for the inherently non-convex optimisation problem, two particular approaches to solve the Model Predictive Control problem will be presented. The first formulation treats the balance criterion as an objective function, and solves the control problem using a sequence of alternating convex quadratic programs. The second formulation considers the criterion as constraints to the problem and solves for the centre of mass motion using a succession of convex quadratically constrained quadratic programs.

Task Compatibility in Whole-Body Control

Ryan Lober

Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique,
UMR 7222, France,

ryan.lober@isir.upmc.fr

Résumé

Whole-Body Control methods offer the potential to execute several tasks on highly redundant robots, such as humanoids. Unfortunately, task combinations often result in incompatibilities which generate undesirable behaviors. Prioritization techniques can prevent tasks from perturbing one another but often to the detriment of the lower precedence tasks. For many tasks, static prioritization is not necessary or even appropriate because tasks can often be achieved in variable ways, as in reaching. Exploiting the variability of tasks allows us to optimize and modify them based on the dynamics and environment of the robot. In [1] we present a novel framework for defining and optimizing multiple tasks in order to resolve potential interferences prior to task execution and remove the need for prioritization. Tasks are parameterized with Dynamical Movement Primitives, and by simulating their execution, their parameters can be optimized based on a general compatibility principle. In [2] we show that task variability can be used to modulate task priorities during execution, to temporarily deviate certain tasks as needed, in the presence of incompatibilities. We demonstrate that mapping from task variance to priorities reactively solves a number of task incompatibilities.

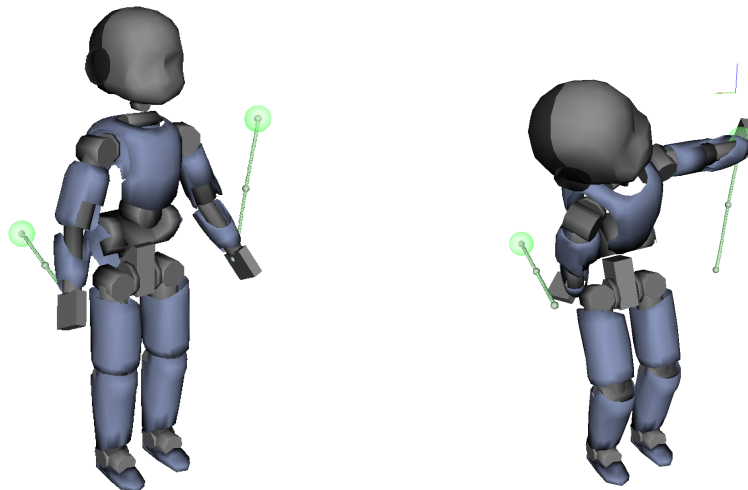


FIGURE 1 – An example of a humanoid robot performing multiple tasks simultaneously. These tasks are incompatible and their combination prevents the robot from successfully attaining the goals of each individual task.

Références

- [1] R. Lober, V. Padois, and O. Sigaud, “Multiple task optimization using dynamical movement primitives for whole-body reactive control,” in *IEEE International Conference on Humanoid Robots*, 2014, pp. 1–6.
- [2] —, “Variance modulated task prioritization in whole-body control,” in *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (submitted)*, 2015.