



université PARIS-SACLAY

ETUDE DE LA COMMANDE DES MOUVEMENTS DYNAMIQUES D'UN ROBOT HUMANOÏDE

Par Monsieur José NUNEZ NALDA Discipline : Robotique Laboratoire : LISV

Cette thèse porte sur le contrôle des mouvements dynamiques pour les robots humanoïdes, particulièrement sur ceux qui incluent des phases de vol tel que le saut et la course. Basées sur une analyse des forces d'interaction entre le robot et le sol et de sa relation avec les conditions du maintien du pied plat au sol, caractérisé par le zmp, nous avons désigné des principes pour une planification des mouvements assez généraux qui considèrent le saut, la marche et la course.

Cette approche de planification a été détaillée pour un mouvement de saut vertical pour étudier la réalisabilité de ce mouvement par le robot HRP-2. Une commande basée sur la technique des modes glissants et une planification de vitesse verticale des pieds réduite, par un redressement des jambes, nous a permis de vérifier en simulation, sous matlab et après sous open HRP, une réduction des forces d'impact à moins de 700 Nw ce qui montre que le saut vertical de HRP-2 était possible. Le Contrôle de Posture Lagrangien (CPL), est aussi introduit. Cette méthode de contrôle générale, considère la stabilité du robot à travers des quantités globales qui résument d'une certaine façon le mouvement de tout le robot, c'est-à-dire les trajectoires du CoM

et le momentum angulaire de tout le robot autour de son CoM. Le LPC permet une suivie des trajectoires asymptotique pour les extrémités du robot qui ne sont pas en contact avec le sol ainsi que l'imposition des forces d'interaction désires, à travers lesquelles il est possible de considérer des mouvements stables. La validité de notre approche à été démontré en expérimentation sur le robot HRP-2 pour des mouvements dynamiques planaires.

Abstract :

In this thesis we study the control of dynamic motions for humanoid robots with special interest in the motion including aerial phases, as the jumping and running motions. With the basis of an analysis of the interaction forces between the robot and its relation with the condition for keeping the feet flat in the ground, which is characterized by the zmp condition, we have outlined some principles for a motion planning quite general which considers the jumping, walking and running motions. This approach is more detailed for the vertical jumping motion in order to study the feasibility of this motion including for the robot HRP-2. A control law based on the sliding mode technique and a motion planning with reduced vertical foot velocity allowed us to show that this motion is possible for the HRP-2 robot.

The Lagrangian Posture Control (LPC) is also introduced. This general control method considers the stability of the robot my means of global quantities which resume the motion of the whole robot, these are the CoM trajectories and the total angular moment around the CoM. The LPC allows an asymptotically stable trajectory following for the robot extremities which are not in contact with the ground and the desired interaction forces, which allows to plan stable dynamic motions. The control method was validated in experiment on the HRP-2 humanoid robot.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Christine CHEVALLEREAU, Directeur de Recherche, Habilité à diriger des Recherches, à l'Ecole Centrale de Nantes - Rapporteur **Philippe FRAISSE**, Professeur des Universités, à l'Université de Montpellier II - Rapporteur **Gabriel ABBA**, Professeur des Universités, à l'Université de Metz - Examineur **Laurent LAVAL**, Maître de Conférences, Habilité à diriger des Recherches, à l'Université de Paris XIII, Villetaneuse

- Examineur **Nelly NADJAR-GAUTHIER**, Maître de Conférences à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - Examinatrice **Pierre BLAZEVIC**, Professeur des Universités à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - Directeur de Thèse