



ROBOTIQUE

Des aides abordables pour nos aînés

Le maintien à domicile aussi longtemps que possible des personnes vieillissantes s'avère être la solution la plus rationnelle, tant en termes de confort que de coûts sociaux. D'où l'intérêt de dispositifs robotisés pour les assister au quotidien.

On compte quelque 450 000 chutes par an, dont 9 300 mortelles, dans la population française des personnes âgées de plus de 65 ans, ce qui représente environ 80 % des accidents de leur vie quotidienne. Bien entendu, ce n'est que l'un des problèmes parmi bien d'autres qui peuvent entraîner leur placement dans un établissement spécialisé. Quelle assistance matérielle apporter pour les aider à préserver le maximum d'autonomie et à « bien vivre » chez elles ? Tel est le but des dispositifs sur lesquels nous travaillons.

Un certain nombre de capteurs et de moyens de communication, souvent simples, sont proposés aux personnes fragiles afin d'identifier d'éventuelles difficultés et de prévenir leurs « aidants » (aides médicales et sociales, familles, gériatres, services en charge de ces personnes au sein des collectivités territoriales, etc.). Toutefois, si ces systèmes rassurent et répondent à une demande des familles, ils souffrent d'une sous-utilisation car ils ne sont pas forcément adaptés aux désirs, aux attentes et aux capacités physiques et cognitives des personnes elles-mêmes.

De plus, les systèmes de surveillance permettent une intervention seulement après que l'accident est survenu. Pour prévenir l'accident, il est essentiel d'agir sur l'environnement et d'interagir physiquement avec ces personnes, ce que permettent par exemple des actionneurs commandés à distance. Dans leurs formes les plus élaborées, les systèmes complexes capteurs/actionneurs peuvent être considérées comme des robots.

Pour les concevoir, la première étape a consisté à essayer de mieux comprendre les problèmes et à identifier des priorités. Nous avons donc eu des entretiens avec des personnes âgées et avec les associations qui les représentent, mais aussi avec les « aidants ». En particulier, quel que soit le dispositif proposé, aussi astucieux soit-il aux yeux de ses inventeurs, il faut impérativement qu'il ait démontré son utilité, qu'il soit demandé ou prescrit, mais surtout qu'il soit accepté par les personnes visées. Autre observation déterminante : il est indispensable d'évaluer les conséquences d'un nouveau dispositif sous des aspects très divers. Il faut notamment prendre en compte le phénomène de perte d'autonomie existante. En effet, une solution semblant parfaitement répondre à un problème peut en engendrer bien d'autres. Par exemple, la livraison à domicile des repas à une personne fragilisée, au prétexte que celle-ci ne parvient plus à planifier ou à effectuer certains gestes nécessaires pour préparer son repas, peut avoir plusieurs conséquences néfastes, du fait même qu'elle se trouve brutalement dispensée de ces gestes : au plan physique et cognitif (oubli de la succession des étapes de préparation d'un repas) et/ou au plan relationnel (il ne lui est plus nécessaire de sortir faire les courses).

Un robot très flexible

La conception du robot que nous nous proposons d'adapter pour l'aide à la mobilité des personnes âgées ou handicapées s'appuie sur celle du système de grue portable et adaptable qui a été mise au point au sein de l'équipe-projet COPRIN de l'Inria. L'objectif de cette grue était de disposer d'un système flexible et facilement transportable sur une zone de catastrophe (tremblement de terre, glissement de terrain...) afin de pouvoir récupérer des personnes bloquées dans des décombres.



Son principe de base est simple : cette grue est composée de six treuils indépendants contrôlant la longueur de six câbles. À ces six câbles est attaché un brancard ou un harnais (selon l'utilisation prévue) afin de transporter des personnes. Grâce à une commande de la longueur des câbles, la grue est capable de déplacer ces personnes suivant six degrés de liberté : trois en position et trois en orientation.

Pour réaliser ce dispositif, il a notamment fallu résoudre deux grandes difficultés. La première tenait à la nature flexible et élastique des câbles. Il s'agissait donc de prendre en compte leurs caractéristiques physiques dans le programme de contrôle de la grue. La seconde difficulté était liée au fait que les câbles doivent toujours être en tension, ce qui nécessitait de tenir compte des équilibres statiques du système.

accepter par les personnes âgées, du moins en Occident.

D'où notre choix de sacrifier une part d'universalité au profit d'un coût moindre. Au plan méthodologique, nous avons donc

Sur la base de cette phase exploratoire, nous avons élaboré une stratégie reposant sur quelques principes essentiels. Les systèmes doivent s'adapter dynamiquement aux capacités physiques et cognitives des utilisateurs et à leur environnement, et non pas le contraire. Ils doivent emporter leur adhésion au regard de l'intérêt de l'aide fournie. Ils ne doivent pas heurter leur sensibilité en étant trop sophistiqués ou bien en bouleversant leur environnement de manière trop importante. Ils doivent en outre être simples à mettre en œuvre et robustes. Enfin, ils doivent être le moins coûteux possible.

Quel type de robot peut satisfaire à de telles contraintes ? On pourrait bien sûr s'imaginer qu'un outil « universel » soit la panacée, c'est-à-dire un outil capable de prendre en charge l'ensemble des services nécessaires, y compris les échanges sociaux. Cette voie est d'ailleurs illustrée par les développements de la robotique humanoïde tels qu'ils sont menés au Japon, où le problème du vieillissement de la population est encore plus critique qu'en Europe. Mais s'il s'agit de superbes objets technologiques, on ne peut espérer leur mise en œuvre effective qu'à très long terme, outre le fait qu'ils seront très coûteux et sans doute difficiles à

fondé notre démarche sur l'analyse de situations réelles, à savoir des « tranches de vie » particulièrement importantes dans la vie quotidienne de ces personnes. Notre idée était en effet d'identifier les étapes les plus problématiques afin d'en déduire l'aide que pourraient apporter des systèmes robotisés. Il est apparu que le début de journée était la plus importante d'entre elles. Par exemple, comment aider une personne à mobilité réduite à passer de la position couchée à la position debout ?

Il existe d'ores et déjà sur le marché des dispositifs permettant d'effectuer ces transferts, par exemple au moyen d'un harnais dans lequel la personne est maintenue et qui est relié à un système de levage coulissant sur un rail. Mais l'une des faiblesses d'un tel dispositif tient au fait que les déplacements sont contraints : ils ne se font que selon une trajectoire prédéfinie par le rail (c'est-à-dire selon deux degrés de liberté dans un plan). Au sein de notre équipe, nous proposons une alternative en adaptant un robot⁽¹⁾ que nous avons conçu pour de tout autres circonstances et qui est opérationnel depuis 2009. L'objectif initial était en effet de le déployer sur des zones de catastrophe (par exemple de tremblement de terre) afin de pouvoir sauver des êtres humains.

⁽¹⁾ J.-P. Merlet et D. Daney, « A portable, modular parallel wire crane for rescue operations. » In *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pages 2834–2839, Anchorage, USA, 3-8 Mai 2010.

⁽²⁾ J.-P. Merlet, « Preliminary design of ANG, a low-cost automated walker for elderly » 3rd European Conference on Mechanism Science, Cluj-Napoca, Romania, 14-18 Septembre, 2010.

De quoi s'agit-il ? L'idée de base est de connecter un harnais à six câbles s'enroulant sur des treuils qui permettent d'en faire varier les longueurs. Un contrôle approprié de ces longueurs donne alors la possibilité de déplacer un corps solide (un individu) dans toutes les directions, soit selon six degrés de liberté (voir l'encadré). L'utilisateur peut donc se mouvoir à sa guise dans une pièce où est installé le robot, avec une bien plus grande liberté de mouvement. Mais au-delà, rien n'empêche de remplacer le harnais par un autre dispositif, par exemple par une poignée destinée à soutenir la personne dans ses déplacements ou bien par un ustensile (comme une pince) permettant de saisir toutes sortes d'objets. Du coup, le robot trouve une multitude d'applications : dans une cuisine, il pourra servir à prendre de la vaisselle sur une étagère, des produits dans un frigidaire, etc., des petits gestes parfois difficiles à effectuer pour des personnes affaiblies ou handicapées.

En parallèle, nous travaillons sur un nouveau type de déambulateur⁽²⁾. En apparence, il ne se distingue guère d'un déambulateur classique et peut même être utilisé comme tel. Mais en fait, il est motorisé et muni de nombreux capteurs (voir l'encadré). Ces derniers visent notamment à détecter toute situation anormale. Exemple : une augmentation anormale de sa vitesse peut signifier que la personne qui, quelques minutes auparavant l'avait bien en main, est en train de le lâcher, donc de tomber. Dans ce cas, il freine pour tenter de prévenir la chute. Si la chute a déjà eu lieu, alors il s'arrête et utilise ses capteurs pour localiser la personne, revenir automatiquement vers elle et lui permettre ainsi de se relever. Une quantité d'autres fonctions sont programmées, que ce soit pour aider l'utilisateur à monter une côte, pour lui servir d'aide à la rééducation (musculature, coordination des mouvements...), etc.

Nous nous intéressons ainsi à deux types d'environnements : les environnements intérieurs (maisons, appartements) et les environnements urbains. Dans les deux cas, les systèmes que nous mettons au point sont des objets communicants avec échanges permanents d'informations via une multitude de capteurs, d'actionneurs... Au plan informatique, l'un des défis à relever est donc la programmation de cette intelligence répartie sur une grande quantité de dispositifs hétérogènes, qui doit être à la fois robuste et suffisamment flexible pour s'adapter à chaque utilisateur.

Un autre défi à relever concerne le choix des interfaces entre les robots et l'utilisateur. Elles doivent en effet être simples à mettre en œuvre (aussi simples qu'une télécommande de télévision) et s'adapter aux capacités motrices de chacun, qui peuvent être très variables. Mais au-delà, l'idée est de s'en servir également comme moyen d'information sur l'évolution des capacités de la personne. Par exemple, une tendance à l'augmentation du temps d'utilisation d'une interface, pour une action donnée, peut être signe de l'apparition d'un problème de type arthritique ou articulaire chez cette personne.

Plus généralement, la mise en place d'une assistance robotisée suppose la collaboration d'un grand nombre de secteurs scientifiques et techniques (mathématiques, informatique, théorie des réseaux, intelligence artificielle, ergonomie...). Elle suppose également une coopération étroite avec le milieu médical

(gérontologie notamment) et avec les futurs utilisateurs. Elle nécessite enfin la réalisation d'expérimentations en situation réelle, ce qui nous a conduit à reconstituer des appartements complets pour tester nos dispositifs. Pour répondre au mieux aux questions scientifiques, l'Inria a créé une action d'envergure (PAL, pour *Personally Assisted Living*) qui va regrouper une dizaine d'équipes de l'Institut. Au plan économique, la diversité des dispositifs prévus constitue une opportunité pour l'émergence de nouveaux acteurs industriels, ce qui pourrait avoir à terme des répercussions sur les coûts des dispositifs d'assistance, actuellement prohibitifs. **J-P.M., D. D.**

Jean-Pierre Merlet, directeur de recherche Inria, est responsable scientifique de l'équipe-projet COPRIN du Centre Inria de Sophia-Antipolis Méditerranée.

David Daney est chargé de recherche dans l'équipe-projet COPRIN du Centre Inria de Sophia-Antipolis Méditerranée.

Un déambulateur motorisé et communicant

Depuis quelques mois, nous équipons un déambulateur du commerce de capteurs, moteurs et systèmes de communication avec comme objectifs d'aider les personnes âgées ou handicapées dans leurs déplacements et dans l'accomplissement de certaines tâches ménagères ainsi que de leur offrir une sécurité supplémentaire, par exemple vis-à-vis de la chute. En parallèle, le traitement des informations recueillies par les capteurs donnera des indications intéressantes sur l'état physique de l'utilisateur et sur sa mobilité. Un soin particulier est porté sur le coût, qui ne devra pas excéder celui d'un fauteuil roulant électrique, et sur l'autonomie en énergie.



© INRIA