

ESTUDI I DISSENY D'UN DISPOSITIU HÀPTIC PER AL CONTROL D'UNA CADIRA DE RODES ROBOTITZADA

Sonia Gascó Palau

Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT). sonia.gasco@estudiantat.upc.edu

1. Introducció

Sabíeu que el tacte és el primer sentit que desenvolupem els humans? Els humans necessitem tocar per funcionar i comunicar-nos. Moltes de les tasques en què abans s'havia de tocar i s'havien d'analitzar *in situ*, ara s'han convertit en accions que es fan mitjançant la teleoperació en un entorn virtual o real. En aquests casos, les vies recurrents per transmetre la informació són la vista i l'oïda, deixant de banda el tacte. Quan s'utilitza un dispositiu de teleoperació, aquesta percepció de força i tacte que tindríem si estiguéssim manipulant l'objecte amb les nostres mans es perd, i resulta en un control menys precís. Però, si mesurem la força d'interacció del robot amb l'entorn i apliquem aquesta dada al comandament del dispositiu, podem fer que l'usuari pugui percebre la força amb què dur a terme la manipulació. (Anandan, 2014). D'aquesta manera la persona es guia per la vista i el tacte, una situació més similar a la que es donaria si ho fes directament amb les mans.

Aquest tipus de percepció de força o resistència és el que s'anomena *retorn de força*. Aquest retorn permet als usuaris sentir la sensació de pes o resistència dins un entorn virtual o real. Introduint el sentit del tacte, la comunicació és més eficient, agradable i similar a la comunicació directa dins un entorn físic real. És per aquesta raó que s'introdueixen elements hàptics als dispositius, per millorar la comunicació i l'experiència de l'usuari (Hayward i Maclean, 2007).

El propòsit d'aquest estudi és mostrar el desenvolupament del disseny d'un dispositiu hàptic que inclou el retorn de força com a assistència al control d'una cadira de rodes amb un braç robòtic, similar al braç robòtic de The Kinova Jaco,¹ pensat per a usuaris de cadires de rodes que tenen mobilitat reduïda a mans i braços.

2. Objectius

L'objectiu del treball és el disseny d'un comandament amb 5 graus de llibertat (gdl) per controlar la cadira i el

braç, amb el qual l'usuari pugui percebre les forces d'interacció amb l'entorn a través del dispositiu, l'anomenat *retorn de força*.

Per posicionar un objecte completament a l'espai es necessiten 6 gdl (3 gdl de translació i 3 gdl de rotació), però creiem que amb 5 gdl l'usuari pot accionar còmodament la cadira i el braç. D'aquesta manera, simplifiquem el mecanisme, abaratim costos i el seu control és més senzill. El retorn de força només es requereix en els gdl de translació (X, Y i Z).

Les figures 1, 2 i 3 mostren un exemple de graus de llibertat de la cadira de rodes amb el seu braç robòtic que es vol controlar.

3. Metodologia

Per a les interfícies hàptiques amb diversos gdl, els dispositius de retorn de força estan construïts al voltant d'una estructura cinemàtica que connecta sensors i actuadors a algun tipus de pom. Existeixen dispositius hàptics per modelar en entorns virtuals² i per a la telemanipulació robòtica en entorns reals o virtuals.³ També existeixen dispositius de teleoperació de baix cost.⁴

Per al control únicament de la navegació de cadires robotitzades tenim comandaments hàptics en desenvolupament que assisteixen la conducció (Thuan Nguyen *et al.*, 2020), especialment per a la realització de manobres marxa enrere on manquen les referències visuals (Vander Poorten *et al.*, 2012).

2. Exemples de dispositius comercials que han inspirat aquest treball podrien ser: dispositiu hàptic Touch de 3D Systems, disponible a <https://es.3dsystems.com/haptics-devices/touch> (consulta: 28 desembre 2021) i TouchTM 3D Stylus - Protocom s. r. o., disponible a <http://www.protocom3dp.com/touch-3d-stylus> (consulta: 28 desembre 2021).

3. Exemples de dispositius comercials que han inspirat aquest treball podrien ser: Force Dimension - Haptic Devices, disponible a <https://www.forcedimension.com/products> (consulta: 28 desembre 2021) i White Falcon 3D Touch Haptic Controller - HapticsHouse.com, disponible a <https://haptichouse.com/collections/frontpage/products/white-falcon-3d-touch-haptic-controller> (consulta: 28 desembre 2021).

4. Impulse-Home, disponible a <http://poe.olin.edu/2017/poe3dmouse/index.html> (consulta: 27 desembre 2021).

1. <https://assistive.kinovarobotics.com/product/jaco-robotic-arm>.

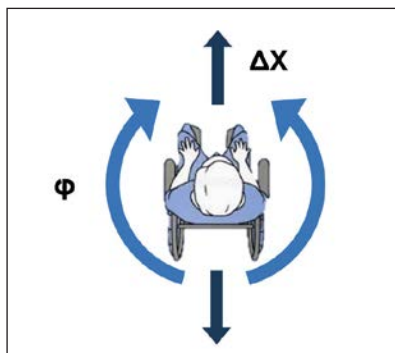


FIGURA 1. Control del vehicle en velocitat d'avanç: ΔX ; control del vehicle en orientació: ϕ .
FONT: Elaboració pròpia.

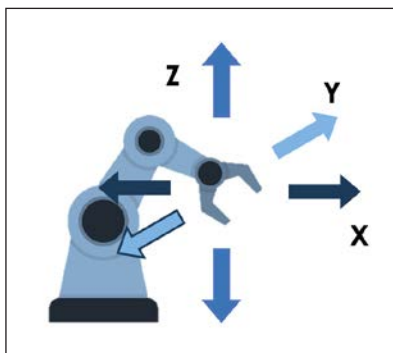


FIGURA 2. Control del braç en velocitat i posició: X, Y, Z .
FONT: Elaboració pròpia.

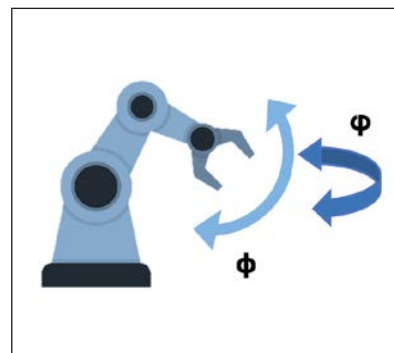


FIGURA 3. Control en orientació: ϕ (pla horitzontal); control en rotació: pla horitzontal ϕ o vertical ϕ .
FONT: Elaboració pròpia.

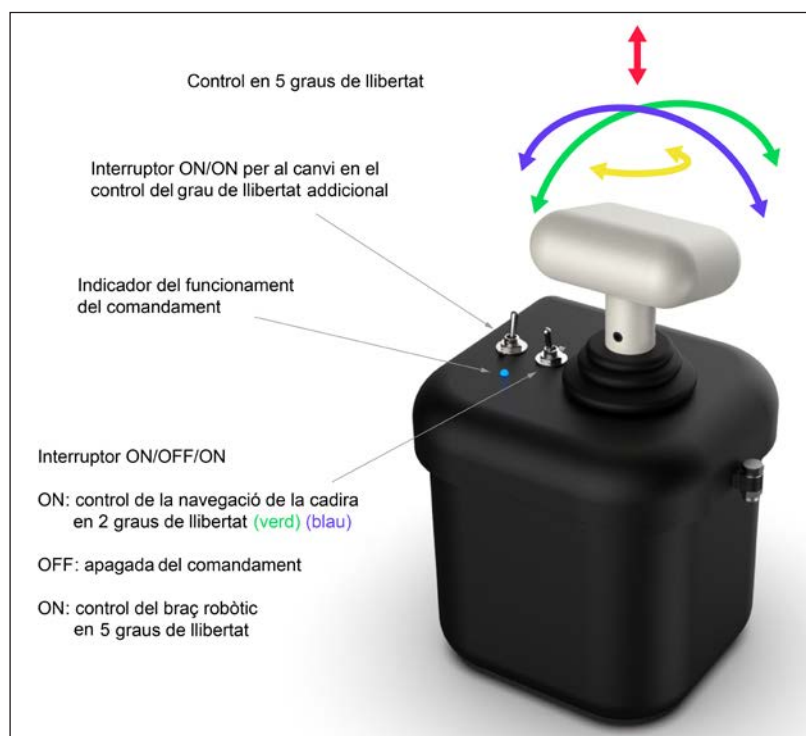


FIGURA 4. Exterior del comandament.
FONT: Elaboració pròpia.

S'han de considerar també els comandaments convencionals, que és el tipus de control a què l'usuari està acostumat. Una dada crucial extreta d'aquesta anàlisi és que les cadires elèctriques no tenen fre; el mateix comandament quan es deixa d'accionar torna a la seva posició inicial i això fa que la cadira pari.

Per dimensionar el retorn de força que ha de fer el comandament es van consultar diversos estudis sobre la força prènsil de la mà. La força de retorn ha de ser coherent amb la força que l'usuari pot fer i mai no ha de bloquejar el comandament. Estem parlant d'una força relativament baixa en comparació amb la que pot fer un adult amb plena mobilitat (Mateo Lázaro *et al.*, 2008). L'estudi més significatiu és el que es va realitzar amb nens amb DMD (distròfia muscular de Duchenne), usuaris potencials d'aquest comandament, en el qual s'avalua la seva força prènsil màxima (Bulut *et al.*, 2019). Tenint en consi-

deració que $1,45 \pm 1,99$ kg és la força màxima i que utilitzar el comandament mai no ha d'implicar que l'usuari faci una força excessiva, hem restat la desviació estàndard i hem dividit aquest valor per la meitat. Per tant, es conclou que la força de retorn que ha de fer el comandament sobre l'usuari seria de 0,25 kg.

4. Resultats⁵

El dispositiu que ha resultat d'aquest estudi es pot veure a la figura 4 i la figura 5 i està dissenyat perquè sigui fabricat en plàstic mitjançant la impressió 3D.

5. El desenvolupament del disseny es detalla als apartats 7 i 8 del treball complet (Gascó Palau, 2022).

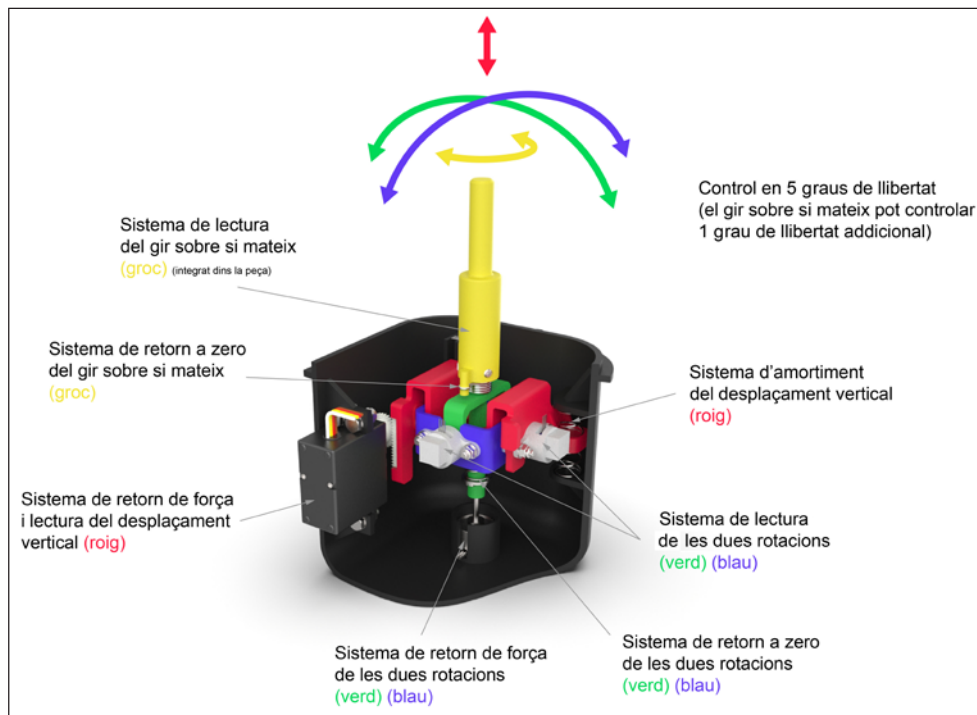


FIGURA 5. Mecanisme del comandament.
FONT: Elaboració pròpia.

El mecanisme té 4 gdl: 3 de rotació i 1 de translació, que es van situant l'un dintre de l'altre, creant un conjunt compacte. Es té preferència per un mecanisme amb més moviments de rotació respecte de translació per la senzillesa de l'estructura i la facilitat de lectura de l'angle girat per donar les ordres de control.

Per als gdl de rotació, aquestes lectures es fan mitjançant un sistema format per sensors d'efecte Hall que, juntament amb imants de neodimi, funciona com un petit potenciòmetre que permet calcular l'angle girat respecte de la posició de referència. En el cas del desplaçament vertical, s'utilitza el mateix servomotor que proporciona el retorn de força. Per a altres 2 gdl que també han de proporcionar retorn de força s'empra un electroimant que centralitza el retorn d'ambdós en un sol punt.

El mecanisme té un sistema de fre (sistema de retorn a la posició zero) com el dels comandaments convencionals, gràcies a un sistema de molles de compressió i de torsió en cadascun dels eixos de rotació i desplaçament del mecanisme.

Amb un comandament convencional l'usuari controla la cadira segons el que veu. Amb aquest dispositiu, a més del que s'observa, també es té informació de l'entorn que es rep a través del retorn de força del comandament. Aquest tipus d'assistència s'hauria pogut proporcionar perfectament amb estímuls sonors o amb llums al comandament (i segurament seria més fàcil de dur a terme), però amb un dispositiu hàptic com aquest s'aconsegueix una comunicació més plaent, intuïtiva i també més propera, perquè és la persona que porta la cadira l'única que pot percebre el que la cadira detecta.

Bibliografia

- ANANDAN, T. M. (2014). *Our autonomous future with service robots* [en línia]. <<https://www.automate.org/industry-insights/our-autonomous-future-with-service-robots>> [Consulta: 13 març 2022].
- BULUT, N. [et al.] (2019). «The association of hand grip strength with functional measures in non-ambulatory children with Duchenne muscular dystrophy». *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, vol. 77, núm. 11, p. 792-796. <<https://doi.org/10.1590/0004-282x20190161>>.
- GASCÓ PALAU, S. (2022). *Estudi i disseny d'un dispositiu hàptic per al control d'una cadira de rodes robotitzada* [en línia]. Treball final de grau. Universitat Politècnica de Catalunya. <<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/372650>>.
- HAYWARD, V.; MACLEAN, K. (2007). «Do it yourself haptics: Part I». *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 14, núm. 4, p. 88-104. <<https://doi.org/10.1109/M-RA.2007.907921>>.
- MATEO LÁZARO, M. L. [et al.] (2008). «Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel». *Nutrición Hospitalaria*, vol. 3, núm. 1, p. 35-40.
- THUAN NGUYEN, V. [et al.] (2020). «Joystick haptic force feedback for powered wheelchair. A model-based shared control approach». *2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. Toronto, p. 4453-4459. <<https://doi.org/10.1109/SMC42975.2020.9283235>>.
- VANDER POORTEN, E. B. [et al.] (2012). «Backwards maneuvering powered wheelchairs with haptic guidance». A: ISOKOSKI, P.; SPRINGARE, J. (ed.). *Haptics: Perception, devices, mobility, and communication. EuroHaptics 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7282. Berlín: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31401-8_38>.