

Resum del PFG

Disseny i desenvolupament d'un robot submarí amb una Raspberry Pi – R2B2

Introducció

Aquest TFG és la continuació del desenvolupament d'un robot submarí R2B2 dissenyat per poder-se imprimir en 3D, remotament operat i de baix cost. El projecte inicial va ser creat per un estudiant de màster a la universitat de Girona durant el curs 2017/2018. El resultat, tot i ser molt bo, era millorable i el projecte va quedar inacabat.

L'objectiu del meu projecte és redissenyar, millorar i construir el robot R2B2 perquè pugui ser treballat/programat i jugat per nens i nenes i d'aquesta manera apropar la robòtica als més joves.

Els objectius que em vaig plantejar al inici del projecte van ser els següents: redissenyar, millorar i construir el robot R2B2, que sigui un robot de baix cost, que pugui ser replicat i construït, que pugui transmetre vídeo en directe, que sigui remotament operat a través d'una aplicació mòbil, que tingui bateries i microcontrolador integrat, que es pugui obrir amb facilitat per poder fer reparacions o canvis, i que sigui robust.

En la figura 1 es poden veure els robots R2B2 original (inspirat en el projecte SeaPerch), el R2B2nano (resultat del projecte de Pau Roura), el R2B2 Raspberry (resultat d'aquest TFG), i finalment el robot SPARUS dissenyat i desenvolupat per VICOROB.

Tot el codi i dissenys d'aquest projecte es troben penjats al GitHub del projecte: https://github.com/ferrveciana/R2B2_RaspberryPi

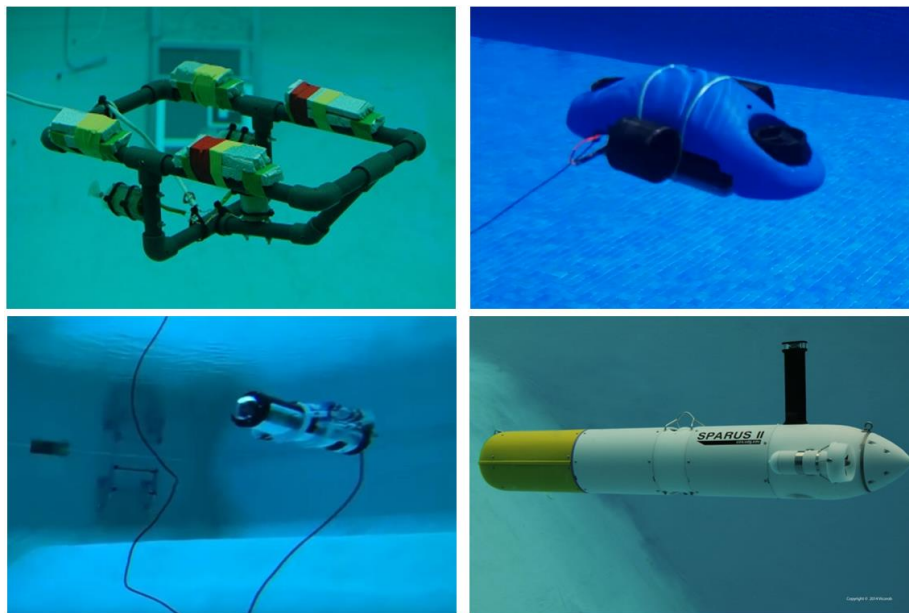


Figura 1 - R2B2 original, R2B2 nano, R2B2 Raspberry i l'Sparus II AUV

Disseny i hardware

A mode de resum del disseny faig una petita presentació de tots els components que té la meua versió de l'R2B2. El ROV està dividit en parts bastant diferenciades: En primer lloc, tenim l'estructura exterior, que està formada per l'encapsulament, els suports per els motors, els quatre motors (i hèlixs), els cables, i l'antena amb la boia. Per altre banda, l'estructura interior consisteix en un microcontrolador, les bateries, els controladors de motor, la càmera, cables, i pesos per equilibrar-lo dins l'aigua.

El disseny del robot no va ser una tasca fàcil i va anar evolucionant a mesura que avançava el projecte. Per aconseguir impermeabilitat per l'electrònica vam comprar uns encapsulaments transparents fabricats per una empresa americana que es dedica a la robòtica submarina anomenada BlueRobotics. Per subjectar els motors es van dissenyar uns suports amb plàstic acrílic tallat amb una fresadora. Inicialment ho hauríem fet amb una impressora 3D, però els investigadors del CIRS no ens ho van recomanar: les impressions en 3D són fràgils.

Un altre de les característiques que volíem per el nostre R2B2 és que fos fàcil de treure i posar els components de l'interior per poder fer modificacions, recàrrega de bateries, extreure'n dades, etc. Per aquesta raó es va decidir utilitzar una planxa de metall on hi reposarien tots els components de manera totalment rígida, formant un sol bloc. La planxa podria lliscar endins i enfora del tub. Quedaria subjectada al posar el tap de l'encapsulament.

Inicialment tot el disseny anava basat en motors petits de drone de menys de 5 volts. Eren els motors que s'havien utilitzat en el projecte R2B2nano amb l'única diferència que les hèlixs eren diferents. Són motors que mostren un comportament molt bo en l'aire, però com vam poder comprovar, sota aigua no funcionaven gaire bé. Les hèlixs giraven a poc a poc i el robot pràcticament no es movia. Com que es volia que el robot tingués un millor rendiment, es va decidir fer un canvi en el disseny.

Els components electrònics de primera versió són els següents: Raspberry Pi 4, drivers per els motors, dues bateries connectades en sèrie per els motors, una bateria per la Raspberry, Pi Càmera, quatre motors de drone (3.2V) i l'antena WiFi.

El nou model de l'R2B2 incorporava una bateria LiPo de 6000mah, 11.1V (3S) enlloc de les dues bateries en sèrie, i quatre motors de 12-24 Volts enlloc dels motors petits de drone.

Els nous motors es van aïllar utilitzant unes càpsules de plàstic, vaselina per l'eix del motor i silicona per taponar les possibles entrades d'aigua.

Disseny i desenvolupament del software

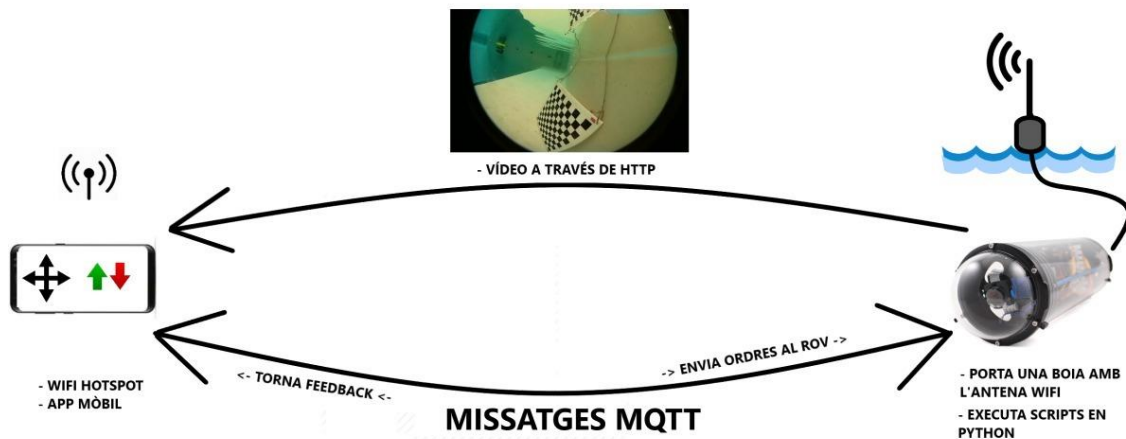


Figura 2 - Esquema general del fluxe de dades i els softwares que intervenen en el control del robot Raspberry Pi – R2B2

Un dels grans canvis respecte a les altres versions de R2B2 va ser posar com a microcontrolador del robot, una RaspberryPi 4. El llenguatge de programació que vaig decidir utilitzar va ser el Python, ja que disposa de totes les llibreries necessàries per la comunicació, el control de motors, el tractament d'imatge, etc.

Per la comunicació entre el ROV i el mòbil, es va utilitzar el protocol MQTT. És un protocol de missatgeria de publicació / subscripció, extremadament senzill i lleuger, dissenyat per a dispositius restringits i xarxes amb poca amplitud de banda, alta latència o poc fiables.

Funcionalitats

En aquest apartat s'expliquen totes les funcionalitats que s'han programat al llarg del projecte.

- Una de les millores principals hem implantat en la nova versió de l'R2B2 és afegir retransmissió de vídeo a temps real i així obtenir un control del vehicle més bo i una experiència de pilotatge molt més divertida.
- A través de l'aplicació mòbil es pot gravar el que es veu a temps real des del ROV i emmagatzemar-ho a la memòria interna del robot.
- També es poden fer fotografies a través de l'aplicació i emmagatzemar-ho a la memòria interna del robot.
- L'aplicació mòbil s'adapta a qualsevol resolució.
- Control dels motors i de la seva potència.
- Lectura de la temperatura del processador de la Raspberry a través de l'aplicació mòbil
- Comportament autònom: Gràcies a la càmera i la potència de la Raspberry Pi 4, obra la porta a moltes possibilitats. Una d'elles, la utilització de tècniques de visió per computador. Aquesta funcionalitat permet des de l'app mòbil, executar un

script que faci que, quan el robot vegi un objecte “interessant” com un objecte d’un color predeterminat, el robot vagi autònomament cap aquest objecte.

Tests de funcionament i resultats

Al llarg del projecte vaig dur a terme varis experiments i tests per veure el funcionament del robot. A continuació comentaré breument quins van ser aquests experiments i com es van desenvolupar:

- El primer test consistia en provar tota l’electrònica fora l’aigua. D’aquesta manera podia veure el funcionament dels motors, la seva potència amb diferents connexions (una sola bateria, dues en sèrie, paral·lel, etc.)
- Una vegada vaig tenir tots els cables dels motors soldats, aïllats i amb els connectors a l’interior del recipient era moment de fer la primera prova d’aigua. Amb aquest test es va comprovar la impermeabilitat de les juntes, els taps, i els recobriments de cola tèrmica a l’entrada dels cables.
- Després de comprovar que el recipient era estanc, ja podia posar els components electrònics dins i passar a la següent fase: equilibrar el robot.
- Tant bon punt vaig tenir les hèlixs acabades, vaig començar a fer els testos dels motors de drone dins l’aigua i em vaig adonar que la potència que aportaven no seria suficient. Aquest test va ser el que em va demostrar que calia un canvi en els motors del robot.
- En aquest experiment comprovem la força dels nous motors i que tot funcioni correctament dins l’aigua. Per si de cas, agafava el robot amb la mà, per no perdre’l. Més endavant ho vaig fer amb una corda.
- Finalment vam deixar el robot lliure, controlat únicament a través de la app mòbil. Vam tenir la sort de poder fer els tests a la piscina del CIRS i poder gravar des de sota l’aigua. Els següents vídeos mostren diferents perspectives d’aquest experiment.
 - <https://youtu.be/ANKcAMHNRUK>
 - https://youtu.be/irv4gB_E2LU
 - https://youtu.be/YjrH_nTIA6c
- Després d’aconseguir una navegació fluida utilitzant els controls del mòbil el que volíem a continuació era que el robot pogués seguir un objecte de color d’una manera autònoma. Es van dur a terme dos tests amb mòduls de càmera diferents: estàndard i lent d’ull de peix. La lent d’ull de peix va donar millors resultats ja que tenia molt més rang de visió i era més fàcil fer el seguiment de l’objecte. En el vídeo de continuació es pot veure el resultat final del test.
 - <https://youtu.be/p0Jb0TmXWtc>

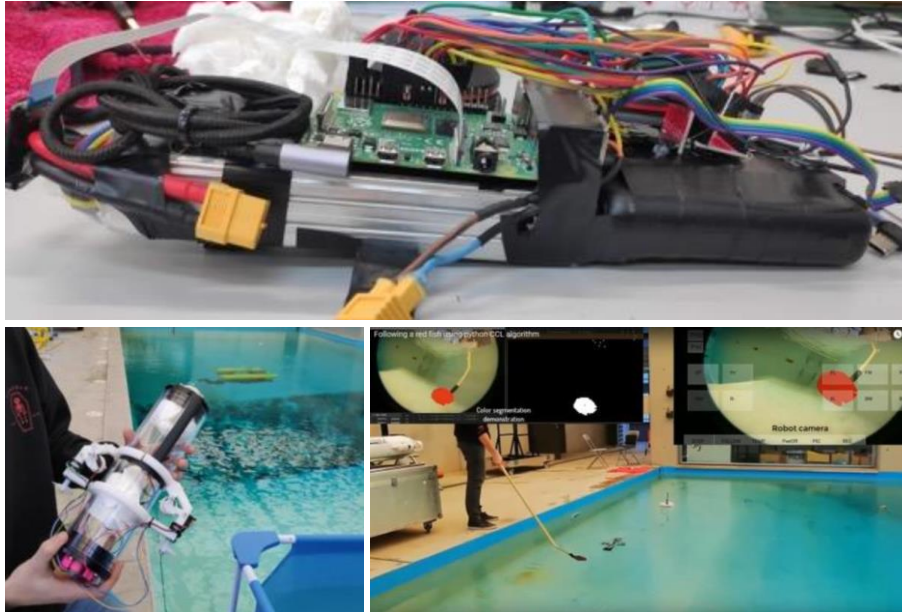


Figura 3 – La primera imatge correspon a tot el hardware que va encapsulat dins del robot (bateries, estructura, Raspberry Pi, controladors dels motors, càmera, connexions). Les dues imatges de sota corresponen a proves que s’han fet en la piscina del CIRS (la darrera imatge correspon al comportament autònom).

Conclusions i treballs futurs

S’han assolit exitosament tots els objectius proposats del projecte. En aquest sentit, per tant, el meu projecte està completat complint tots els objectius plantejats de bon principi, però això no vol dir que el robot sigui perfecte. Hi ha molta feina per fer i moltes coses a perfeccionar.

El fet de que el robot disposi d’una càmera obre la porta a un munt d’aplicacions de visió per computador i/o comportaments autònoms. A més es podrien fer canvis a l’electrònica i com per exemple posar un set de càmeres duals amb dues Pi zero per calcular geometries i fer reconstruccions 3D, afegir un giroscopi o un baròmetre per obtenir dades de pressió o desenvolupar un sistema d’estabilització automàtica activa.

Tant l’estructura exterior com l’aplicació Android es podrien seguir perfeccionant. També s’hauria de donar més robustesa a les connexions a través de l’antena WiFi que són una mica inconsistents (aquest és un dels problemes de treballar amb *hardware low-cost*).

De cares a poder utilitzar aquest projecte per a alumnes d’institut, també hi hauria la possibilitat d’habilitar un mode de programació a través d’Scratch. Entre moltes altres millores que es podrien fer més a curt termini, hi hauria la calibració automàtica de la segmentació per color, perfeccionar la flotabilitat del ROV, etc.

La Raspberry Pi és molt potent i es poden fer moltes coses que altres microcontroladors no permeten. Això obre la porta a altres projectes que es podran fer partir d’aquest. El límit és la imaginació!