

ΠΛΗ 412 – Αυτόνομοι Πράκτορες – 2021

Διδάσκων: Μ. Γ. Λαγουδάκης 1η Εργαστηριακή Άσκηση Παράδοση: 15/11/21,11μμ

Εισαγωγή

Μια μεγάλη κλάση λογισμικού για ρομποτική είναι οι προσομοιωτές ρομποτικών συστημάτων. Αυτές οι εφαρμογές προσομοιώνουν την κινηματική και δυναμική κατάσταση διαφόρων ρομποτικών συστημάτων μέσα σε ιδεατούς κόσμους και δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να δοκιμάσουν αλγορίθμους ελέγχου και να πειραματιστούν με διάφορες τεχνικές αποφεύγοντας το κόστος και τους κινδύνους που εγκυμονούν οι πειραματισμοί με τα αντίστοιχα φυσικά ρομποτικά συστήματα. Μ' αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η ανάπτυξη ρομποτικού λογισμικού και επιταχύνεται η διαδικασία αποσφαλμάτωσης του κώδικα. Επίσης, οι προσομοιωτές αποκτούν σημαντικό ρόλο στη χρήση αλγορίθμων ρομποτικής μάθησης, καθώς μπορούν να προσφέρουν σχετικά εύκολα τους μεγάλους όγκους δεδομένων που απαιτούν αυτοί οι αλγόριθμοι, χωρίς καταπόνηση των πραγματικών ρομποτικών συστημάτων και χωρίς δαπανηρή επένδυση χρόνου. Ωστόσο, κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί κριτικές που κατά κανόνα σχετίζονται με το βαθμό στον οποίο ένας προσομοιωτής καταφέρνει να προσομοιώσει ρεαλιστικά κάθε πτυχή της πραγματικότητας, συμπεριλαμβανομένης και της έμφυτης αβεβαιότητας του φυσικού κόσμου. Πολλές φορές μικρές αποκλίσεις στον προσομοιωτή μπορούν να οδηγήσουν σε τεράστιες αποκλίσεις αποτελεσμάτων στο φυσικό σύστημα. Παρά τα προβλήματα, οι προσομοιωτές αποτελούν και θα συνεχίσουν να αποτελούν σημαντικό μέρος της έρευνας στη ρομποτική. Στόχος της παρούσας εργαστηριακής άσκησης είναι η γνωριμία με έναν από τους πλέον καταξιωμένους προσομοιωτές, τον προσομοιωτή Webots, ο οποίος αναπτύχθηκε αρχικά στο EPFL στην Ελβετία και τώρα διατίθεται εμπορικά μέσω της εταιρείας Cyberbotics [www.cyberbotics.com] που εδρεύει επίσης στη Ελβετία.

Εγκατάσταση

Για να δουλέψετε με τον προσομοιωτή Webots, θα χρειαστεί να κατεβάσετε:

- το αρχείο εγκατάστασης για την τελευταία έκδοση **2021b** από www.cyberbotics.com (υπάρχουν διαθέσιμα αρχεία εγκατάστασης για Windows, Linux, Mac)

Webots

Ο προσομοιωτής Webots παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης ρομποτικών εφαρμογών. Για την ακρίβεια, ο χρήστης έχει στη διάθεσή του τέσσερα βασικά στάδια ανάπτυξης: Model, Program, Simulate, Transfer. Στο στάδιο της μοντελοποίησης ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα ακριβές μοντέλο του ρομποτικού του συστήματος με όλα τα φυσικά χαρακτηριστικά του (αρθρώσεις, τμήματα, αισθητήρες, επενεργητές, μέγεθος, βάρος, τριβές, κλπ.) ή να επιλέξει να χρησιμοποιήσει ένα από τα ήδη έτοιμα μοντέλα για μια πληθώρα εμπορικών ρομποτικών συστημάτων, όπως το Aibo, το Nao ή το Atlas. Στη συνέχεια μέσα από ένα ολοκληρωμένο γραφικό περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού μπορεί να προγραμματίσει το ρομποτικό του σύστημα χρησιμοποιώντας μία από τις πολλές προσφερόμενες γλώσσες προγραμματισμού και τα αντίστοιχα ενσωματωμένα εργαλεία για μεταγλώττιση και αποσφαλμάτωση. Κατόπιν, η εκτέλεση του κώδικα μπορεί να δοκιμαστεί μέσω του ρομποτικού μοντέλου σε οποιονδήποτε ιδεατό κόσμο, ώστε να εκτιμηθεί η τελική συμπεριφορά του ρομποτικού συστήματος υπό διάφορες συνθήκες. Τέλος, ο κώδικας αυτός μπορεί να μεταφερθεί σχετικά εύκολα στο πραγματικό ρομποτικό σύστημα χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα εργαλεία για διαμεταγλώττιση και βελτιστοποίηση. Ο προσομοιωτής Webots προσφέρει πολλές ευκολίες στη σύνθεση ρομποτικών τμημάτων από βιβλιοθήκες αισθητήρων και επενεργητών, ρεαλιστική προσομοίωση κινηματικών και δυναμικών καταστάσεων σύμφωνα με τους νόμους φυσικής των στερεών, επιτάχυνση ή επιβράδυνση του χρόνου προσομοίωσης και διαδραστική τρισδιάστατη οπτικοποίηση και επικοινωνία με το χρήστη. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στην ιστοσελίδα www.cyberbotics.com.

Εγχειρίδια

Τα εγχειρίδια για το Webots περιλαμβάνουν οδηγίες για την εκμάθηση της χρήσης του, αλλά και τεχνικές λεπτομέρειες για κάθε ρομποτικό σύστημα που υποστηρίζεται (είναι προσβάσιμα κι από το Menu Help).

Webots User Guide - Οδηγός χρήσης του προσομοιωτή www.cyberbotics.com/doc/guide/index

Webots Reference Manual - Εγχειρίδιο αναφοράς www.cyberbotics.com/doc/reference/index

Διαδικασία

Μετά την εγκατάσταση, ξεκινήστε τον προσομοιωτή Webots στον υπολογιστή σας. Αφιερώστε χρόνο για να ολοκληρώσετε το Webots Guided Tour (ανοίγει από το Menu Help, αν δεν ανοίξει αυτόματα) για να δείτε τι σας προσφέρει (κρατήστε το παράθυρο του tour ανοικτό και χρησιμοποιήστε τα Previous/Next για να δείτε τουλάχιστον τα 19 robot demos, ενώ τα devices demos μπορείτε να τα δείτε επιλεκτικά). Διαβάστε τις πληροφορίες που δίνονται για κάθε περιβάλλον και κάθε ρομποτικό σύστημα. Χρησιμοποιήστε το ποντίκι για να αλλάξετε την οπτική γωνία στον τριδιάστατο κόσμο και τα πλήκτρα ελέγχου (όπου προσφέρονται

— κοιτάζετε για οδηγίες στο παράθυρο της κονσόλας) για να κατευθύνετε το προσομοιωμένο ρομπότ. Στα δεξιά μπορείτε να βλέπετε τον κώδικα που εκτελείται και στο κάτω μέρος μηνύματα που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης. Στα αριστερά βλέπετε όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν στον τρέχοντα τριδιάστατο κόσμο, καθώς και τις ιδιότητές τους. Διαβάστε στο User Guide τη λειτουργία του User Interface ώστε να το χειρίζεστε εύκολα.

RobotStadium

Το RobotStadium (robotstadium.org) είναι ένας ρομποτικός διαγωνισμός που διεξήχθη επίσημα κατά τα έτη 2008–2011 και πρόκειται ουσιαστικά για online αγώνες RoboCup Standard Platform League (SPL) σε προσομοίωση με τέσσερα ανθρωποειδή Aldebaran Nao robots ανά ομάδα. Είναι ένας συναρπαστικός διαγωνισμός που επιτρέπει τη μελέτη όλων των υποπροβλημάτων του RoboCup (αντίληψη, εντοπισμός, κίνηση, συντονισμός) σε αρκετά ρεαλιστικό περιβάλλον. Οι συμμετέχοντες μπορούν να προγραμματίσουν την ομάδα τους σε διάφορες γλώσσες (C++, Java, Python, URBI). Τα τελευταία χρόνια προστέθηκε και η δυνατότητα προγραμματισμού και προσομοίωσης ανθρωποειδών ρομπότ Robotis Darwin-OP και φυσικά η δυνατότητα διεξαγωγής αγώνων μεταξύ ομάδων από Nao και Darwin-OP.

Πειραματισμός

Αντιγράψτε το φάκελο `webots/projects/robots/softbank/nao` σε κάποιο δικό σας χώρο χωρίς Ελληνικούς χαρακτήρες στο path (όλες οι αναφορές στο εξής θα είναι στο δικό σας αντίγραφο). Από το File επιλέξτε να ανοίξετε τον κόσμο `robotstadium_nao_vs_robotis-op2.wbt` που βρίσκεται στο φάκελο `nao/worlds`. Θα δείτε στο γραφικό περιβάλλον το γήπεδο με τα 5 ρομπότ Nao (τέσσερις παίχτες και ένας τερματοφύλακας) στη μία ομάδα και τα 5 ρομπότ OP-2 στην άλλη ομάδα. Η κόκκινη ομάδα των Nao ελέγχεται από τον `nao_demo` controller με τον κώδικα C που βρίσκεται στο φάκελο `nao/controllers/nao_demo`, ενώ η μπλε ομάδα των OP-2 ελέγχεται από τον `void` controller, ο οποίος δεν κάνει τίποτε. Πιο συγκεκριμένα, ο `nao_demo` controller σας επιτρέπει να ελέγχετε τα ρομπότ χρησιμοποιώντας το πληκτρολόγιο (δείτε τις σχετικές οδηγίες στην κονσόλα). Επιλέγοντας κάποιο ρομπότ και ανοίγοντας τις ιδιότητές του από το `scene tree` στα αριστερά, μπορείτε να δείτε ποιον controller χρησιμοποιεί και με Edit ανοίγει στα δεξιά το παράθυρο με τον κώδικά του. Δοκιμάστε τις διαθέσιμες λειτουργίες και δείτε πώς υλοποιούνται στον κώδικα. Πατήστε το Run για να τρέξει η προσομοίωση του αγώνα (η προσομοίωση περνάει διαδοχικά από τις καταστάσεις Initial, Ready, Set, Play πριν αρχίσει ο αγώνας). Ελέγξτε κάποιον παίκτη και δοκιμάστε να σκοράρετε. Δοκιμάστε να κάνετε αλλαγές στον κώδικα του `nao_demo` controller και στη συνέχεια πατήστε Clean και Build για να δημιουργηθούν τα νέα εκτελέσιμα και ξεκινήστε πάλι την προσομοίωση με το Revert.

Ασκήσεις

Τώρα είναι η σειρά σας να προγραμματίσετε μια απλή συμπεριφορά στο Webots για το μοντέλο του Nao. Ο έτοιμος controller δεν ελέγχει το ρομπότ αυτόνομα, αλλά περιμένει εντολές δικές σας από το πληκτρολόγιο. Μπορείτε να φτιάξετε εσείς έναν δικό σας controller που να αξιοποιεί πληροφορίες από τους αισθητήρες και να καθοδηγεί το ρομπότ αυτόνομα; Για τη δημιουργία του δικού σας controller, μπορείτε να αξιοποιήσετε ως βάση τον `nao_team_1` controller, ο οποίος είναι γραμμένος σε γλώσσα Java. Μπορείτε να τον κατεβάσετε από το eClass και θα πρέπει να τον τοποθετήσετε στον κατάλληλο υποφάκελο στον φάκελο εργασίας σας. Δείτε και τις σχετικές οδηγίες στο User Guide για εγκατάσταση του JDK. Πριν τον δοκιμάσετε, είναι απαραίτητο να κάνετε δύο αλλαγές στον κόσμο `robotstadium_nao_vs_robotis-op2.wbt`: αλλάξτε στο `scene tree` στα αριστερά τα στοιχεία `TexturedBackground` και `TexturedBackgroundLight` από `stadium` σε `mountains`! (Θα δοθεί bonus, εάν βρείτε τον λόγο!) Μπορείτε επίσης να διαγράψετε τους παίχτες που δεν χρειάζεστε για να μειώσετε τον υπολογιστικό φόρτο. Σώστε τον νέο κόσμο με κάποιο δικό σας όνομα για να τον έχετε.

Ο `nao_team_1` controller δίνει μια καλή και πλήρως αυτόνομη συμπεριφορά ποδοσφαιριστή. Περιέχει συναρτήσεις για οπτική αναγνώριση της μπάλας, για κίνηση προς τη μπάλα, για ευθυγράμμιση με το τέρμα, κλπ. Στη διάρκεια της προσομοίωσης, με διπλό click πάνω σε κάποιο ρομπότ ανοίγει το robot window, όπου μπορείτε να δείτε σχεδόν όλες τις μετρήσεις των αισθητήρων του αντίστοιχου ρομπότ. Χρησιμοποιήστε τη φαντασία σας για την επιθυμητή συμπεριφορά του παίκτη σας. Δείτε αν πετυχαίνετε αυτό που θέλετε με επεμβάσεις στον κώδικα και διορθώστε ανάλογα. Προσπαθήστε να παίξετε κάπως επιθετικά, να αποφύγετε τον παίκτη που είναι μπροστά σας, να κλωτσήσετε τη μπάλα, να σחקωθείτε αν πέσετε, και γιατί όχι να σημειώσετε και κάποιο τέρμα! Εντάξει, υπερβάλλουμε ... Φυσικά, δεν περιμένει κανείς να φτιάξετε τον τέλειο ποδοσφαιριστή, αλλά δώστε στα ρομπότ σας λίγη αυτονομία, ώστε να μην περιμένουν εντολές από εσάς, και βοηθήστε τα να παίζουν έστω και στοιχειωδώς ποδόσφαιρο. Αν μη τι άλλο, ενσωματώστε την κίνηση της κλωτσιάς της μπάλας (`shoot`), την οποία δεν χρησιμοποιεί καθόλου ο εν λόγω controller.

Αναφορά/Παράδοση/Βαθμολογία

Συμπίεστε τον φάκελο εργασίας `nao` με τον κώδικά σας (controller). Καταγράψτε ένα βίντεο της τελικής συμπεριφοράς του παίκτη σας μέσα από το Webots (δείτε στο File). Γράψτε μια σύντομη αναφορά (σε PDF) όπου θα περιγράφετε τι προσθέσατε και παραδώστε κώδικα, αναφορά και βίντεο μέσω του eClass. Η βαθμολογία θα προκύψει από την πληρότητα της εργασίας σας ... και την πρωτοτυπία του παίκτη σας!