

Abstract

Collision detection of a robotic arm using statistical time-series methods: A comparative study

Spyridon Zisopoulos

This study explores the detection of collisions on a collaborative robotic arm (cobot) under different Case Studies that correspond to distinct robotic tasks using statistical time-series methods. The collisions cause abrupt changes in the investigated torque and force signals acquired from the test rig, and two unsupervised and one supervised method are postulated for the effective and early detection of them. The postulated methods are three, namely the variance-based, the wavelet-based (supervised) and the RAR model-based, which are comparatively assessed with each other, as well as with two state-of-the-art methods, namely the residual-based and the FFT-based (supervised), in terms of True Positive Rate (TPR), False Positive Rate (FPR) and Detection Delay Time (DDT). The three case studies investigated are based on the measurements and the results of previous works that use the same KUKA LWR4+ robotic arm and they include either the autonomous motion of the robot in the first two Case Studies or the physical collaboration between the human and robot in the third Case Study. The collisions are of different nature along the different Case Studies, with varying magnitude and direction. The results indicate great TPR via all three postulated methods, that outperform the state-of-the-art ones, while all methods have zero FPR. Regarding detection time, each method has better performance in a different Case Study, with the RAR model-based being the fastest overall, followed by the wavelet-based and then the variance-based one.

Keywords

Collision detection, statistical time-series, comparative study, robotic arm

Ανίχνευση σύγκρουσης ρομποτικού βραχίονα βάσει στατιστικών μεθόδων χρονοσειρών: Συγκριτική μελέτη

Σπυρίδων Ζησόπουλος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η δυνατότητα ανίχνευσης σύγκρουσης ενός συνεργατικού ρομποτικού βραχίονα για τρεις διαφορετικές τροχιές που αντιστοιχούν σε διαφορετικές ρομποτικές διεργασίες βάσει στατιστικών μεθόδων χρονοσειρών. Οι συγκρούσεις προκαλούν απότομες μεταβολές στα σήματα ροπής και δύναμης τα οποία λαμβάνονται από την πειραματική διάταξη και τρεις μέθοδοι εφαρμόζονται για την αποτελεσματική και έγκαιρη ανίχνευσή τους. Οι τρεις προτεινόμενες μέθοδοι είναι η μέθοδος διασποράς (variance-based), η μέθοδος κυματιδίων (wavelet-based) και η μέθοδος Αναδρομικού μοντέλου Αυτοπαλινδρόμησης (Recursive AutoRegressive, RAR model-based), οι οποίες συγκρίνονται σύμφωνα με το ποσοστό ανίχνευσης, το ποσοστό ψευδοσυναγεγμένων και τον χρόνο ανίχνευσης τόσο μεταξύ τους όσο και με δύο μεθόδους της βιβλιογραφίας. Αυτές είναι η μέθοδος βασιζόμενη στο υπόλοιπο ροπής (residual-based) και η μέθοδος βασιζόμενη στον μετασχηματισμό Fourier (FFT-based). Οι τρεις τροχιές που διερευνώνται βασίζονται στις μετρήσεις και τα αποτελέσματα προηγούμενων εργασιών που πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας τον ίδιο ρομποτικό βραχίονα KUKA LWR4+ και περιλαμβάνουν είτε την ελεύθερη και αυτόνομη κίνηση του ρομπότ για τις δύο πρώτες τροχιές, είτε τη φυσική συνεργασία μεταξύ ανθρώπου και ρομπότ στην τρίτη τροχιά. Οι συγκρούσεις που πραγματοποιούνται είναι διαφορετικής φύσεως σε κάθε τροχιά, καθώς έχουν διαφορετική ένταση και κατεύθυνση, ενώ συμβαίνουν και σε διαφορετικά σημεία του ρομπότ. Οι τρεις προτεινόμενες μέθοδοι επιτυγχάνουν εξαιρετικά υψηλό ποσοστό ανίχνευσης, ξεπερνώντας τις μεθόδους της βιβλιογραφίας, ενώ όλες οι μέθοδοι έχουν μηδενικό ποσοστό ψευδοσυναγεγμένων. Όσον αφορά στον χρόνο ανίχνευσης η κάθε μέθοδος αποδίδει καλύτερα σε διαφορετική τροχιά, με τη μέθοδο Αναδρομικού μοντέλου Αυτοπαλινδρόμησης (RAR model-based) μέθοδο να έχει συνολικά το χαμηλότερο χρόνο ανίχνευσης. Ακολουθεί η μέθοδος κυματιδίων (wavelet-based) και τέλος η μέθοδος διασποράς (variance-based).

Λέξεις κλειδιά

Ανίχνευση σύγκρουσης, στατιστικές μέθοδοι χρονοσειρών, συγκριτική μελέτη, ρομποτικός βραχίονας