

Zusammenfassung

Autonome Erzeugung und Aktualisierung von Sequenzen Zeit treuer robotischer Handlungen: Ansatz der Attraktordynamik

Farid Oubbati

Im alltäglichen Leben sind Menschen sehr geschickt darin, komplexe Handlungssequenzen zu generieren, die mit einer veränderlichen Umwelt zeitlich koordiniert und hochgradig an den aktuellen Sensorkontext angepasst sind. Diese Fähigkeit wird im Spektrum verschiedenster Aufgaben offensichtlich, vom Zubereiten von Kaffee über das Steuern von Automobilen, bis hin zum Tischtennispielen. Zu verstehen, wie diese Verhaltensmuster generiert und emuliert werden können, ist eine zentrale Fragestellung im Bereich der autonomen Robotik.

In dieser Arbeit behandle ich, wie verschiedene Bewegungsverhalten zeitlich mit sensorischen Ereignissen koordiniert und gleichzeitig sequentiell und flexibel organisiert werden können. In diesem Kontext schlage ich ein dynamisches Modell für Sequenzgenerierung und zeitlich koordinierte Bewegungen vor. Für die Formulierung dieses Systems nutze ich dabei den dynamische-Systeme-Ansatz und die daraus stammenden Konzepte und Werkzeuge, um den zeitlichen Ablauf und die Koordination menschlicher Bewegungen abzubilden. Das Modell besteht aus einer hierarchischen, neuro-dynamischen Architektur für Verhaltensorganisation, sowie Timing-Dynamiken für die Bewegungsgenerierung. Der neuro-dynamische Teil der Architektur basiert auf Elementen aus der dynamische-Felder-Theorie (DFT), einer Variante des Attraktordynamik-Ansatzes für die Modellierung Kognition. Die zeitlich koordinierten Bewegungen werden von einem Framework generiert, das Fixpunkt-Attraktoren kombiniert, um posturale Zustände zu definieren, und stabile Grenzzyklen für zeitlich koordinierte Verhalten erzeugt. Diese Formulierung stellt die Stabilität und Robustheit des Systems sicher, während Flexibilität durch die Bifurkationseigenschaften der Dynamiken erreicht wird. Sowohl die Generierung als auch die Organisation der Bewegungen sind eng an die zeitlich veränderlichen Sensorinformationen gekoppelt und reagieren autonom auf Störungen, entweder, indem sie Bewegungsparameter aktualisieren, oder, indem sie die Verhaltenssequenz flexibel anpassen.

Die Kerneigenschaften des Modells werden sowohl in Simulationen zweier robotischer Anwendungen, dem Fangen und Schlagen eines Balls, als auch in einer Hardwareimplementierung des Letzteren evaluiert. Sowohl die Ergebnisse der Simulationen als auch der Tests auf der echten Hardware zeigen, dass das System in der Lage ist, die Aufgaben erfolgreich auszuführen. Weiterhin illustrieren die Ergebnisse die Eigenschaften des Systems in verschiedenen Perturbationsszenarien, und heben die Nützlichkeit des dynamische-Systeme-Ansatzes in robotischen Problemstellungen hervor.

Schlagwörter: Attraktordynamik, dynamische-Feld-Theorie (DFT), autonome Robotik, zeitlich koordiniertes Bewegungsverhalten, Verhaltensorganisation.