

# Hybrider Ansatz zur kombinierten Formations- und Containment-Regelung heterogener nichtlinearer Multiagentensysteme

**A. Klyushina<sup>†</sup>, L. Groß<sup>†</sup>, J. Adamy<sup>†</sup>**

<sup>†</sup>Fachgebiet Regelungsmethoden und Intelligente Systeme, Technische Universität Darmstadt, Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt, Tel: +49(0)6151/16-25200, E-Mail: anna.klyushina@tu-darmstadt.de

Multiagentensysteme lösen komplexe Aufgaben durch die verteilte Koordination vieler kleiner, oft einfach aufgebauter Agenten. Gegenüber einem einzelnen, leistungsfähigeren System bieten sie Vorteile hinsichtlich Skalierbarkeit, Kosten und Fehlertoleranz, da die Gesamtfunktion selbst beim Ausfall einzelner Agenten erhalten bleibt. Eine besonders praxisrelevante Aufgabenstellung ist die kombinierte Formations- und Containment-Regelung. Dabei nimmt ein Teil der Agenten, die sogenannten *Leader*, eine vorgegebene, zeitabhängige Formation ein, während die übrigen Agenten, die *Follower*, dauerhaft innerhalb des von dieser Formation aufgespannten Gebiets verbleiben. Ein Anwendungsbeispiel ist eine Such- und Rettungsmission auf See.

Für diese Aufgabenstellung existieren zahlreiche Regelungsverfahren, die jedoch meist mindestens eine von drei Einschränkungen aufweisen: (i) Sie setzen homogene Agentendynamik oder identische Zustandsdimensionen voraus, (ii) sie benötigen für den Entwurf globale Information wie die Laplace-Matrix des Kommunikationsgraphen oder die Systemmatrizen der Leader, oder (iii) sie sind auf lineare Agentendynamik beschränkt. In realen Systemen sind die Agenten dagegen typischerweise nichtlinear, unterschiedlich aufgebaut und nur lokal vernetzt.

Im Vortrag wird ein hybrider Ansatz zur zeitabhängigen Formations- und Containment-Regelung heterogener nichtlinearer Multiagentensysteme vorgestellt, der diese Einschränkungen aufhebt. Die Methode kombiniert eine beobachterbasierte Kommunikationsstruktur mit einer nichtlinearen Trajektorienfolgeregelung, die für jeden Agenten individuell entworfen werden kann. Damit die Agenten für die Kommunikation keine globalen Informationen wie den kleinsten Eigenwert der Laplace-Matrix benötigen, werden die Informationen mittels vollständig verteilter adaptiver Beobachter entlang des Kommunikationsgraphen weitergeleitet [1]. Aus den Beobachterzuständen erzeugt jeder Agent lokal seine eigene zeitabhängige Referenztrajektorie. Diese Trajektorie erfüllt für die Leader das Formations- und für die Follower das Containment-Ziel. Im Vortrag wird gezeigt, dass durch diese Struktur der Beobachterentwurf vollständig vom Reglerentwurf entkoppelt ist. Daraus ergibt sich der zentrale Vorteil des Ansatzes: Für jeden heterogenen Agenten kann ein passender nichtlinearer Trajektorienfolgeregler gewählt werden, z. B. Gain-Scheduling, Feedback-Linearisierung, Sliding-Mode-Regelung oder Backstepping.

Zur Veranschaulichung wird im Vortrag ein Beispiel aus einer Such- und Rettungsmission auf See betrachtet. Das Beispielsystem besteht aus zehn autonomen Schiffen mit sechs Leadern und vier Followern. Alle Fahrzeuge werden durch ein Schiffsmodell mit Coriolis- und Dämpfungstermen [2] beschrieben, weisen aber unterschiedliche Massen- und Dämpfungsparameter auf, um ein heterogenes System zu bilden. Zudem werden die Agenten mit unterschiedlichen Methoden geregelt: einem adaptiven Backstepping-Regler [3] und einem exakt linearisierenden Regler. Im Beispiel werden externe Störungen in Form von Wind sowie Modellunsicherheiten berücksichtigt. Die Simulationsergebnisse werden im Vortrag vorgestellt und diskutiert (Abbildung 1).

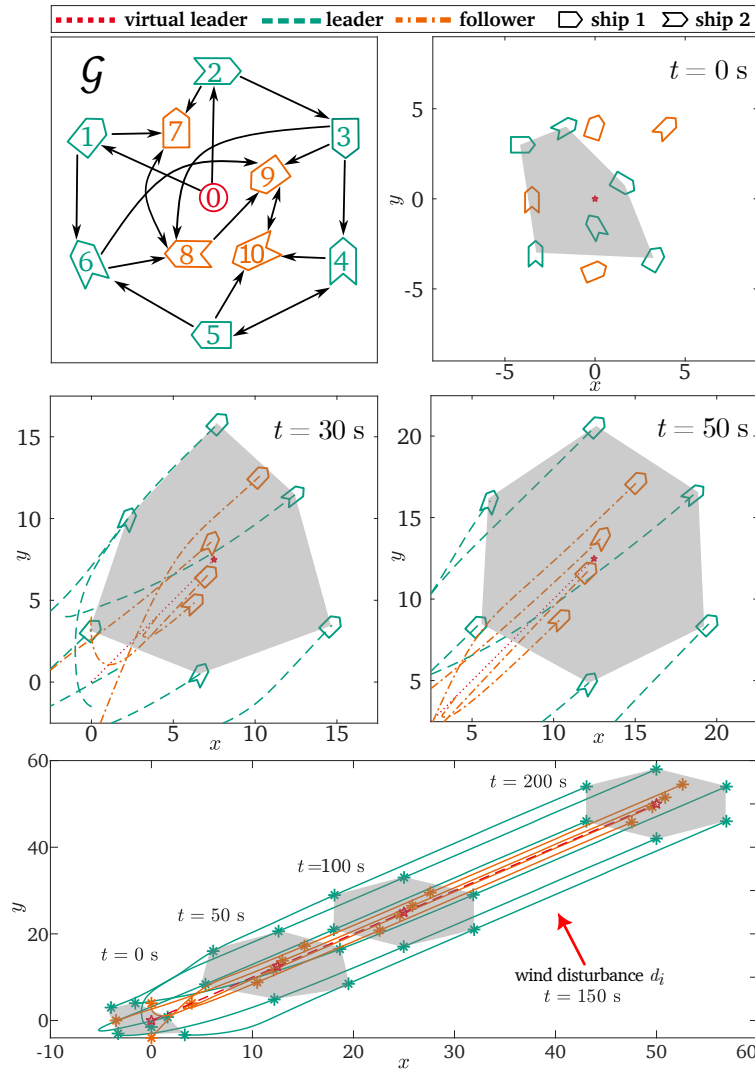


Abbildung 1: Simulierte Trajektorien eines Multiagentensystems, das das zeitabhängige Formations- und Containment-Ziel erreicht. Der durch die Leader-Positionen aufgespannte Sicherheitsbereich für die Follower ist durch den grau schattierten Bereich gekennzeichnet.

## Literatur

- [1] W. Jiang, G. Wen, Z. Peng, T. Huang, und A. Rahmani. Fully distributed formation-containment control of heterogeneous linear multiagent systems. *IEEE Trans. on Automatic Control*, 64(9):3889–3896, 2018.
- [2] R. Skjetne, Ø. N. Smogeli, und T. I. Fossen. A nonlinear ship manoeuvring model: Identification and adaptive control with experiments for a model ship. *Modeling, Identification and Control*, 25(1):3–27, 2004.
- [3] M. E. N. Sørensen und M. Breivik. Comparing nonlinear adaptive motion controllers for marine surface vessels. *IFAC-PapersOnLine*, 48(16):291–298, 2015.