

РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ВЫХОДУ МУЛЬТИАГЕНТНЫМИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Панин А. Д.¹

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Борисов О. И.¹

¹Университет ИТМО

adpanin@itmo.ru

Введение

Развитие современных робототехнических комплексов характеризуется переходом от централизованных к распределённым архитектурам управления. В многоагентных системах управление осуществляется на основе локального обмена информацией между агентами, что обеспечивает масштабируемость, отказоустойчивость и гибкость взаимодействия. Одной из фундаментальных задач в данном направлении является задача достижения консенсуса, заключающаяся в согласовании состояний всех агентов сети. В реальных условиях информационный обмен сопровождается временными задержками, возникающими вследствие ограничений каналов связи, вычислительных затрат и асинхронности передачи данных. Наличие задержек существенно усложняет анализ устойчивости систем и требует разработки специальных методов синтеза управления. Несмотря на широкое распространение подходов, основанных на линейных матричных неравенствах, сохраняется потребность в аналитических методах, позволяющих установить явную связь между параметрами сети, динамикой агентов и допустимыми значениями задержек.

Основная часть

В работе рассматривается линейная многоагентная система, структура взаимодействия которой описывается ориентированным графом с остовным деревом. Агенты обладают одинаковой линейной динамикой произвольной относительной степени и обмениваются задержанными значениями выходных сигналов. Предложенный подход основан на модальной декомпозиции динамики системы с использованием жорданова разложения матрицы Лапласа. Это позволяет представить коллективную динамику сети в виде набора независимых модальных подсистем и свести задачу достижения консенсуса к исследованию устойчивости отдельных мод. Для агентов первого порядка получены аналитические условия устойчивости и определены допустимые границы коэффициента усиления регулятора. Для систем более высокого порядка предложен метод понижения относительной степени и синтез высокоусиленного динамического регулятора, обеспечивающего достижение консенсуса при наличии переменных задержек. Проведено численное моделирование для агентов первого и второго порядка с неоднородными задержками, изменяющимися во времени. Выполнено исследование влияния величины задержки и скорости её изменения на переходные процессы. Дополнительно проведена экспериментальная валидация на лабораторном стенде, состоящем из трёх мобильных платформ с роликонесущими колёсами. Результаты экспериментов подтвердили устойчивость системы и достижение согласованного поведения агентов при ограниченных управляющих воздействиях.

Выводы

В работе представлен аналитический метод исследования и синтеза консенсусного управления в многоагентных системах с временными задержками. Предложенный подход позволяет получать явные задержкозависимые условия устойчивости без использования LMI-методов. Проведённые численные и экспериментальные исследования подтвердили эффективность разработанного метода и его применимость для робототехнических многоагентных систем в условиях реальных сетевых ограничений.

Литература

1. Anton V. Proskurnikov, Alexander L. Fradkov. *Problems and methods of network control* // Automation and Remote Control. – 2016. – Vol. 77, No. 10. – P. 1711–1740.
2. Wei Ren, Randal W. Beard. *Distributed Consensus in Multi-vehicle Cooperative Control*. – Springer, 2008.
3. J. Alex Fax, Richard M. Murray. *Information flow and cooperative control of vehicle formations* // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2004. – Vol. 49, No. 9. – P. 1465–1476.

Панин А.Д. (автор)

Борисов О.И. (научный руководитель)