

文章编号: 2095-2163(2021)03-0203-02

中图分类号: TP391

文献标志码: A

复杂网络下多智能体系统一致性分析

张忠艺, 徐冬梅

(上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620)

摘要: 由于传统分析方法无法深入分析多智能体系统拓扑量, 因此提出复杂网络下多智能体系统一致性分析。设计一致性考虑协议方程, 并根据协议方程推导出一致性拓扑条件方程, 总结出多智能体系统复杂网络下一致性结果。通过线路轨迹实验与算例实验得出, 复杂网络下多智能体系统一致性分析能验证系统稳定性, 并确保多智能体系统一致性运行。

关键词: 多智能体系统; 预备知识; 协议方程; 拓扑条件方程

Consistency analysis of multi-agent system under complex network

ZHANG Zhongyi, XU Dongmei

(School of Electronic and Electrical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

[Abstract] Because traditional analysis methods cannot deeply analyze the topology of multi-agent systems, the consistency analysis of multi-agent systems under complex networks is proposed. The design consistency considers the protocol equation, derives the consistent topology condition equation according to the protocol equation, and summarizes the consistency result under the complex network of the multi-agent system. Through line trajectory experiments and example experiments, it is concluded that the consistency analysis of multi-agent systems under complex networks can verify system stability and ensure consistent operation of multi-agent systems.

[Key words] multi-intelligence system; preliminary knowledge; agreement equation; topological condition equation

0 引言

多智能体系统一致性对于系统运行来说具有重要作用,使系统运行过程更加稳定。多智能体系统指的是多个具有简单功能的智能体组成的系统,系统里的每个智能体具有自治或半自治功能,每个智能体只具有整个系统的部分信息,通过局部协同和相互作用产生共同的行为方式或完成单个智能体所不能完成的任务,整个系统具有自主性、分布性、协调性,并具有自组织、学习和推理能力^[1-2]。但传统方法下多智能体系统不能确保系统一致性,一致性直接影响稳定性,所以提出复杂网络下多智能体系统一致性分析。

1 设计考虑协议方程

在对多智能体系统一致性分析之前,首先明确每个智能体的动态方程,在多智能体系统动态方程中, a 为多智能体系统系数,可为 $1 \sim n$ 之间的任意整数, $Y_a(T)$ 与 $m_a(T)$ 分别为智能体在时刻 T 的控制输出值与控制输入值, T 为多智能体时刻值^[3]。

在为多智能体系统一致性分析做准备时,可以

得出方程为:

$$m_a(T) = [w(x-1)it + t] + \dots + wxit, \\ T \in [xit, (x+1)it]. \quad (1)$$

其中, w 为待设计的参数, w 成整数倍时,保持器的采样器与周期能够把一致性问题转化为稳定性问题,此方程为多智能体系统一致性的考虑协议方程。

2 推导多智能体系统一致性拓扑条件方程

在设计多智能体系统一致性的考虑协议方程基础上,采取多智能体系统一致性分析的方法,令: ξ_a 为多智能体系统成立的动态结果,得到了一致性成立的必要条件,令 $l \otimes c$ 为 t 时多智能体系统动态矩阵转换时的效果,则多智能体系统一致性动态方程可得:

$$\xi_a(x+1) = \xi(x) - t(l \otimes c)x, \quad x = 0 \sim n. \quad (2)$$

通过上述方程表明:一致性成立当且仅当多智能体系统的拓扑图是连通的,并且采样周期有一个上界和下界,上界与下界共同受控制器增益、保持器与采样器周期一致性的制约。

作者简介: 张忠艺(1995-),男,硕士研究生,主要研究方向:多智能体系统、事件触发机制;徐冬梅(1984-),女,博士,讲师,主要研究方向:多智能体系统的故障诊断和容错控制。

收稿日期: 2020-10-21

3 实验分析

3.1 线路轨迹对比

为验证复杂网络下多智能体系统一致性分析与传统方法的区别,对此进行线路轨迹对比实验,用 2 种方法判定系统的仿真终值与理论终值。在实验中共设有 4 条线路,分别采用多智能体系统一致性分析与传统方法监测多智能体系统线路运行,经过一段时间运行后,2 种方法下的每条多智能体系统线路状态轨迹有所不同。

本文方法所得的每条多智能体系统线路状态轨迹图中所有个体都逐渐趋近成一条直线,在 30 s 时接近处于其加权平均值,仿真终值与理论终值趋近统一。传统方法下的线路状态轨迹中,每条多智能体系统线路状态轨迹普遍较为发散,并没有达到统一的某个值,多智能体系统线路轨迹并不一致,无法达成仿真终值与理论终值的统一。在多智能体系统中,每条线路状态轨迹越接近,多智能体系统运行就越稳定,所以复杂网络下多智能体系统一致性分析方式更好。

3.2 各阶状态量对比

各阶状态量相差无几时能够达成系统的稳定运行,从而确保系统一致性。进行仿真算例实验,研究复杂网络下多智能体系统一致性分析与传统方法的区别。在实验中给出有向拓扑下的高阶系统算例,结合由 4 个节点组成的环形拓扑 D 。通信拓扑结构为有向图,通信拓扑结构具有最小生成树。此时设定这个拓扑结构图为一个 4 阶的多智能体系统,并设定系统状态量的初始状态。

在此通信拓扑结构中,当时间足够长时,通过多智能体系统一致性分析与传统方法,分别计算出拓

扑中 $i = 2, 4, 6, 8$ 时各阶状态量的终值,2 种方法对比结果见表 1。

表 1 一致性分析后各阶状态量的终值

Tab. 1 The final value of each state quantity after consistency analysis

状态量	一致性分析		传统方法	
	理论终值	仿真终值	理论终值	仿真终值
$x(2)$	0.678 6	0.673 9	0.656 3	0.935 9
$x(4)$	32.675 3	32.608 5	32.625 4	47.539 3
$x(6)$	679.275 6	675.947 2	634.735 2	270.947 6
$x(8)$	12 036	12 036	12 937	17 393

比较表 1 中数据能够发现,相较于传统方法,复杂网络下多智能体系统一致性分析后各阶状态量的终值基本能够达到吻合状态,能够使系统运行时更加稳定。

4 结束语

通过对多智能体事件驱动控制的研究,设计高效灵活的采样方法,有效地节约智能体的控制资源。将多智能体系统运用到更多实际的应用中,对复杂网络下多智能体系统的一致性做出多层次、多角度分析,多智能体系统相比单个智能体可以在复杂多变的环境中协调合作。智能电网的频率同步也是值得做理论研究和工程实现的探索方向。

参考文献

[1] 刘晨,刘磊. 基于事件触发策略的多智能体系统的最优主-从一致性分析[J]. 应用数学和力学,2019,40(11):1278-1288.
 [2] 崔艳,李庆华. 二阶多智能体系统参数自适应的有限时间一致性算法[J]. 计算机工程,2020,46(4):273-278,286.
 [3] 段玉波,杨振威. 随机多智能体系统一致性增益的设计与分析[J]. 控制理论与应用,2019,36(4):629-635.

欢迎投稿

欢迎订阅

《智能计算机与应用》杂志

国内邮发代号:14-144

国外邮发代号: 6376BM