

从控制论到计算机

前沿第四组

10 月 22 日

Outline

机构与变异度

调节与控制

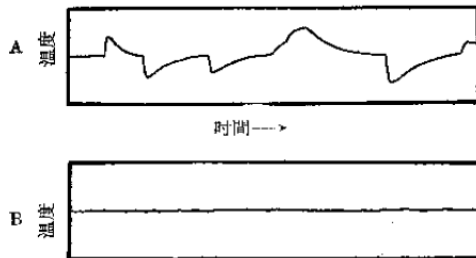
从控制论到计算机

机构与变异度

调节与控制

浅谈调节

- 调节作用堵塞了干扰源传向基本变量的变异度
- 例: 恒温淋浴设备



必须变异度

- D 和 R 进行游戏, R 在 D 之后做动作

		<i>R</i>		
		α	β	γ
<i>D</i>	1	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>k</i>
	2	<i>k</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
	3	<i>m</i>	<i>k</i>	<i>a</i>
	4	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>
	5	<i>e</i>	<i>q</i>	<i>o</i>
	6	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>m</i>
	7	<i>j</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
	8	<i>a</i>	<i>p</i>	<i>j</i>
	9	<i>l</i>	<i>n</i>	<i>h</i>

必须变异度率

- 若调节器 R 已给定, 则结局 E 的熵不小于干扰 D 的熵
- $H_R(E) \geq H_R(D)$
- 其他附加条件 (如噪声、复合干扰、调节的误差等) 都可以视作 R 的一部分

马尔可夫型机器

- 非确定性机器: 更加曲折但更加鲁棒地趋向平衡状态

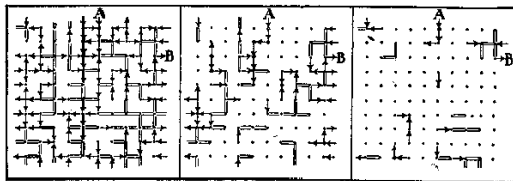
↓	a	b	c
a	0.2	0.3	0.1
b	0.8	0.7	0.5
c	▪	•	0.4

- 例: 捕蝇纸对于房间中苍蝇的作用

其他调节

- 特大系统: 系统 T 相对于调节器 R 来说很大, 怎么办?

1 约束



2 关注重复干扰的总结果

3 功率放大器

从控制论到计算机

控制科学（学科）& 计算机

控制科学（学科）& 计算机

控制科学和计算机是两门学科.

在隔壁，研究控制科学的学科是「自动化」。

Figure 1: 清华大学自动化专业本科课程

数学与自然科学必修课程

- 微积分A
- 线性代数
- 复变函数引论
- 随机数学与统计
- 数值分析与算法
- 大学物理B

学科基础课程

- 计算机语言及程序设计
- 电路原理
- 工程图学基础

主要的专业主修课程

- 数字电子技术基础
- 模拟电子技术基础
- 电子技术实验
- 数据结构
- 计算机网络与应用
- 信号与系统分析
- 运筹学
- 人工智能基础
- 模式识别与机器学习
- 自动控制理论
- 过程控制
- 电能变换原理与系统

- 智能传感与检测技术

有代表性的专业选修课程

- 智能机器人
- 数字图象处理
- 系统工程导论
- 智能网联系统导论
- 工业智能系统
- 导航、制导与控制
- 生物信息学概论
- 交叉项目综合训练A

此外，学校和院系均设置了大量选修课程，学生可在全校自由选课。

控制论 & 控制理论

「控制论」与「控制理论」是一回事吗？

控制论 & 控制理论

「控制论」与「控制理论」是一回事吗？

控制论 (Cybernetics) 与控制理论 (Control Theory) 是两个不同的概念。

控制论将控制系统作为一个在整体概念进行研究，而控制理论着重于信息因素，研究系统中各部分的相互作用以及系统的结构。

控制论 & 控制理论

「控制论」与「控制理论」是一回事吗？

控制论 (Cybernetics) 与控制理论 (Control Theory) 是两个不同的概念。

控制论将控制系统作为一个在整体概念进行研究，而控制理论着重于信息因素，研究系统中各部分的相互作用以及系统的结构。

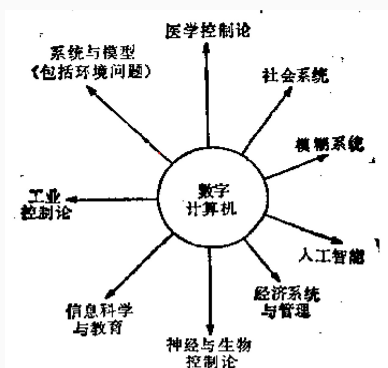
控制论和计算机的关系

为什么控制论和计算机有关系？

控制论和计算机的关系

为什么控制论和计算机有关系？

- 计算机 → 控制论：新方向，新思路。
- 控制（理）论 → 计算机：并行、动态分支预测、可编程控制器



强化学习 & 最优控制

强化学习和控制理论有着很深的联系。

强化学习 & 最优控制

强化学习和控制理论有着很深的联系。

- 都是研究利用过去的信息来强化未来操纵的动态系统。

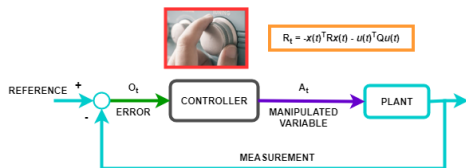
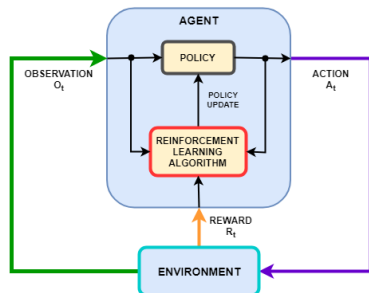
强化学习 & 最优控制

强化学习和控制理论有着很深的联系。

- 都是研究利用过去的信息来强化未来操纵的动态系统。
- 目的都是设计一个系统，其能够使用高度结构化的感知信息，做出规划和控制以适应环境变化，同时在遇到新场景时做好保障。因此，可以使用强化学习的思想和算法来解决控制系统的问题。

强化学习 & 最优控制

(上图是强化学习，下图是控制器，线的颜色相同的部分是对应的关系)



强化学习 & 最优控制

以最基本的线性二次型控制器为例：¹

Introduction

➤ Reinforcement Learning

$$\min/\max E[\sum_{t=0}^N R_t(x_t, u_t)]$$

$$s.t. \ x_{t+1} = f_t(x_t, u_t, e_t)$$

$$u_t = \pi_t(\tau_t)$$

R_t is the **cost (reward)**

f_t is the **state-transition function**

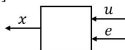
$\tau_t = (u_1, \dots, u_{t-1}, x_0, \dots, x_t)$ is the **trajectory***

$\pi_t(\tau_t)$ is the **control policy**

➤ Linear Quadratic Regulator (LQR)

$$\min E[\sum_{t=0}^N x_t^T Q x_t + u_t^T R u_t]$$

$$s.t. \ x_{t+1} = A x_t + B u_t + e_t$$



$$u_t = -K x_t = -R^{-1} B^T P x_t$$

Algebraic Riccati Equation (ARE)

$$A^T P + P A + Q - P B R^{-1} B^T P = 0$$

➤ Unknown dynamics

$$x_{t+1} = f_t(x_t, u_t, e_t)$$



State-transition function f_t is **unknown (A or B)**

* **trajectory**: a sequence of states and control actions generated by a dynamic system

知乎 @佛系智能化

¹<https://www.zhihu.com/question/401591393/answer/1285670063>

控制论应用举例

接下来是控制论应用的一些例子。

网络控制

网络控制是一个很大的领域，涉及许多主题，包括路由、数据缓存和电源管理。这些控制问题的一些特点使它们非常具有挑战性：

网络控制

网络控制是一个很大的领域，涉及许多主题，包括路由、数据缓存和电源管理。这些控制问题的一些特点使它们非常具有挑战性：

- 系统的超大规模：Internet 可能是人类所建立的最大的反馈控制系统。
- 控制问题的分散化本质：必须快速做出局部决策，并且仅基于局部信息。
- 其它：比如对服务质量的不同要求等。

网络控制

网络控制是一个很大的领域，涉及许多主题，包括路由、数据缓存和电源管理。这些控制问题的一些特点使它们非常具有挑战性：

- 系统的超大规模：Internet 可能是人类所建立的最大的反馈控制系统。
- 控制问题的分散化本质：必须快速做出局部决策，并且仅基于局部信息。
- 其它：比如对服务质量的不同要求等。

网络控制下一阶段将涉及更多的物理环境和对网络控制的增加使用，需要通信、计算和控制的融合。

网络控制

网络控制是一个很大的领域，涉及许多主题，包括路由、数据缓存和电源管理。这些控制问题的一些特点使它们非常具有挑战性：

- 系统的超大规模：Internet 可能是人类所建立的最大的反馈控制系统。
- 控制问题的分散化本质：必须快速做出局部决策，并且仅基于局部信息。
- 其它：比如对服务质量的不同要求等。

网络控制下一阶段将涉及更多的物理环境和对网络控制的增加使用，需要通信、计算和控制的融合。

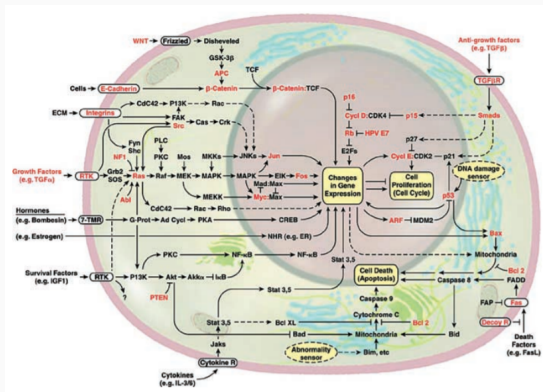
另一个可能的发展方向：目前的网络控制系统几乎普遍基于同步、定时系统来避免数据丢失，我们是否可以开发一个理论和实践控制系统，在一个分布式的、异步的、基于分组的环境中运行，这将在许多情景下更好地适应我们的需求。

生物控制

生物学正变得越来越容易被工程中常用的方法所使用：数学建模、系统理论、计算和合成的抽象方法。控制原理是生物工程中许多关键问题的核心，并将在该领域的未来发挥作用。下图就是一个生物控制网络逆向（并最终向前推进）工程。

生物控制

生物学正变得越来越容易被工程中常用的方法所使用：数学建模、系统理论、计算和合成的抽象方法。控制原理是生物工程许多关键问题的核心，并将在该领域的未来发挥作用。下图就是一个生物控制网络逆向（并最终向前推进）工程。



致谢

致谢

我们的团队（排名不分先后）：

王泽州	金皓宇	陈齐治
陈思元	李鸿泽	赵晨琪
邓朝萌	谭开云	施朱鸣

感谢老师们和助教们的帮助！
祝大家期中顺利，谢谢聆听！



*2

²组长邮箱: shizhuming@pku.edu.cn

LaTeX 代码开源在<https://github.com/ShiZhuming/pku-cybernetics>