

MPC算法

一、MPC优点

MPC是一种多变量控制策略，其中涉及了：过程内环**动态模型**；**控制量的历史数值**；在预测区间上的一个**最优值方程J**。最优控制量可由以上各量求出。

MPC最大的特点在于，相对于LQR控制而言，MPC可以**考虑空间状态变量的各种约束**，而LQR，PID等控制只能够考虑输入输出变量的各种约束。MPC可应用于**线性和非线性系统**。

二. 作用机理

MPC作用机理描述为：在每一个采用时刻，根据获得的当前测量信息，在线求解一个有限时间开环优化问题，并将得到的控制序列的第一个元素作用于被控对象。在下一个采样时刻，重复上述过程：用新的测量值作为此时预测系统未来动态的初始条件，刷新优化问题并重新求解。

即MPC算法包括三个步骤：

- (1) **预测系统未来动态；**
- (2) **（数值）求解开环优化问题；**
- (3) **将优化解的第一个元素（或者说第一部分）作用于系统**

这三步是在每个采样时刻重复进行的，且无论采用什么样的模型，每个采样时刻得到的测量值都作为当前时刻预测系统未来动态的初始条件

在线求解开环优化问题获得开环优化序列是MPC和传统控制方法的主要区别，因为后者通常是离线求解一个反馈控制律，并将得到的反馈控制律一直作用于系统。

在这里给出两点说明：



1.MPC是一个反馈控制策略，但是之前不是说将得到的控制序列中的第一个元素作用于被控对象，求解开环问题。那么哪来的反馈呢？

实际上在下一个采样周期，下一时刻的测量值又被使用上了，用下一时刻的测量值求解下一时刻的控制值。故这是一个反馈控制策略

2.传统的控制方法为什么被称为离线控制？

设计变阻器应有的级数来达到控制并励直流电动机启动的例子，那么如何看的出来是离线控制呢？其实很简单，在起始的时候就已经把每级电阻值就给定出来了，但是实际上是否能如理论计算的这样呢？比如我电压突然受到了扰动怎么办？那么这个计算的每级电阻值肯定不对了啦，但是传统的控制方法对此确是无能为力的，因为每级启动电阻在最早的时候已经计算好了的。

三. MPC的基本特点

不管是何种算法，他们的基本特点都是：基于模型的预测、滚动优化和前馈-反馈的控制结构。

1.基于模型的预测

在MPC算法中，需要一个描述对象动态行为的模型，这个模型的作用是预测系统未来的动态。即能够根据系统 k 时刻的状态和 k 时刻的控制输入，预测到 $k+1$ 时刻的输出。在这里 k 时刻的输入正是用来控制系统 $k+1$ 时间的输出，使其最大限度的接近 $k+1$ 时刻的期望值。故我们强调的是该模型的预测作用，而不是模型的形式。

在这里我重点讲解一下状态空间模型。那么什么是状态？输出是不是也是状态的一种？对的，输出也是一种状态，只不过我们赋予了这个状态特殊的意义。举个例子来说，舞龙，假设是只能通过龙尾的人A指挥前面一个人B动作，然后B指挥他前面的一个人C动作...依次如此，达到控制龙头的人F叼住绣球的动作。如果只关注龙头的人（输出）和龙尾的人（输入），而忽略龙身子的动态，那就是所谓的输入—输出系统。经典控制理论就是建立在输入—输出



的基础上面的。但是我如果不管要管龙尾和龙头的人，我连龙身子上面的人也要要求在固定的位置，那么这就是状态空间的概念，即我对系统中的每一个状态都要控制到。龙头位置的人也是一个状态，故输出本身就是一个状态，或者说是状态的一个组合。

2.滚动优化

因为外部干扰和模型失配的影响，系统的预测输出和实际输出存在着偏差，如果测量值能测到这个偏差，那么在下一时刻能根据这个测量到偏差的测量值在线求解下一时刻的控制输入，即优化掉了这个偏差值。若将求解的控制输出的全部序列作用于系统，那么 $k+1$ 时刻的测量值不能影响控制动作，也就是说测量值所包括的外部干扰或模型误差信息得不到有效利用。故我们将每个采样时刻的优化解的第一个分量作用于系统，在下一个采用时刻，根据新得到的测量值为初始条件重新预测系统的未来输出并求解优化解，继续讲这个时刻的优化解的第一个分量作用于系统，这样重复至无穷。

故预测控制不是采用一个不变的全局优化目标，而是采用时间向前滚动式的有限时域优化策略。这也就是意味着优化过程不是一次离线进行，而是反复在线进行的。

3.前馈-反馈的控制结构

这个在前面给出的两点说明中的第一点就已经给出了。

四．MPC参数选择

选择一个好的参数不仅影响MPC控制的性能，而且还会影响到MPC每一个timestep内进行在线优化的计算复杂度。这里将会给出关于控制器采样周期、预测及控制范围(prediction and control)、约束及权重。

采样周期的选择



采样周期过大，则系统反应过慢导致难以及时进行修正控制，而采样周期过小，则会导致系统产生大量的在线优化计算，给系统带来较大的开销。因而建议采样周期设计采用开环响应时间(10~90%上升时间)的十分之一或二十分之一：

