



中山大学
移动信息工程学院

卡尔曼滤波器

王泽贤

2016 年 6 月 23 日



- ▶ 问题 — 为什么需要卡尔曼滤波器
- ▶ 什么是卡尔曼滤波器
- ▶ 卡尔曼滤波器原理
- ▶ 卡尔曼滤波器应用

自由落体



自由落体



动力学方程

$$s = vt + \frac{1}{2}at^2$$

自由落体

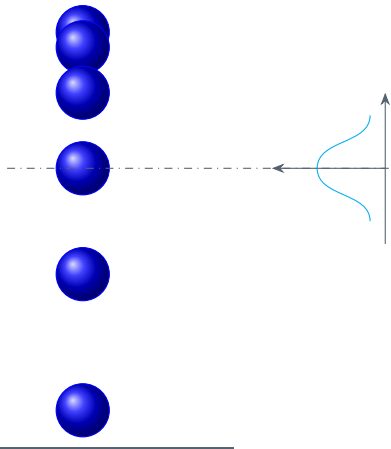


动力学方程

$$s = vt + \frac{1}{2}at^2$$

完美!!!

自由落体



动力学方程

$$s = vt + \frac{1}{2}at^2$$

完美!!!

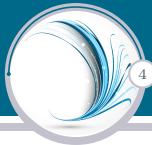
不规则运动



不规则运动



什么是卡尔曼滤波器



- ▶ 递归数据处理算法
- ▶ 对于给定测量集合能够生成最有的估计

什么是卡尔曼滤波器

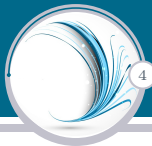


- ▶ 递归数据处理算法
- ▶ 对于给定测量集合能够生成最有的估计

递归

不需要存储之前所有测量数据，也不需要每个时间步重新处理所有数据

什么是卡尔曼滤波器



- ▶ 递归数据处理算法
- ▶ 对于给定测量集合能够生成最有的估计

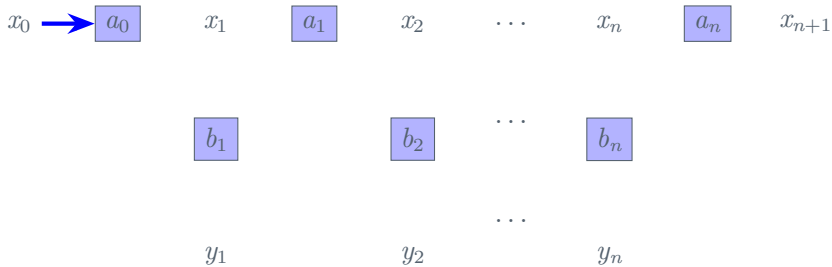
递归

不需要存储之前所有测量数据，也不需要每个时间步重新处理所有数据

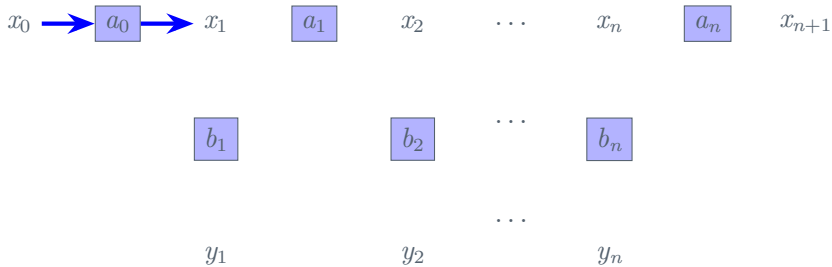
最优

- ▶ 对于非线性系统最优是有限制的
- ▶ 对于线性系统和高斯白噪声，卡尔曼滤波器是基于前面测量的最优估计

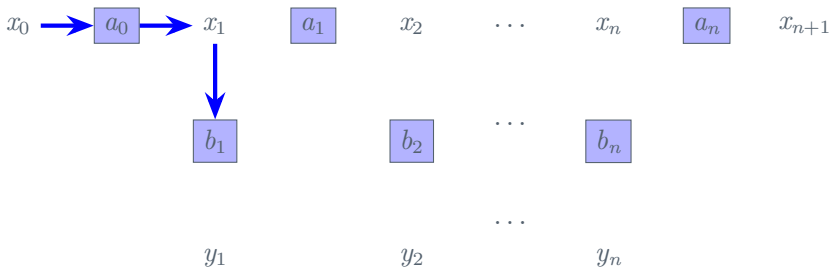
卡尔曼滤波器系统框图



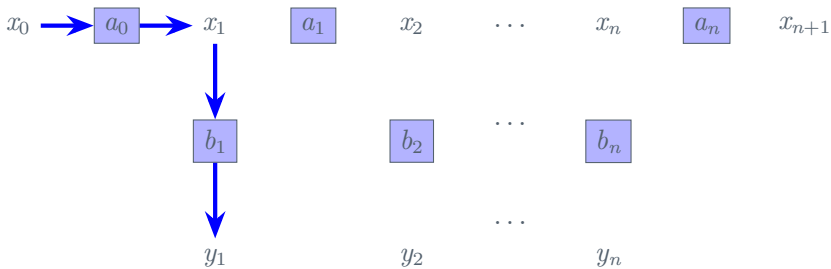
卡尔曼滤波器系统框图



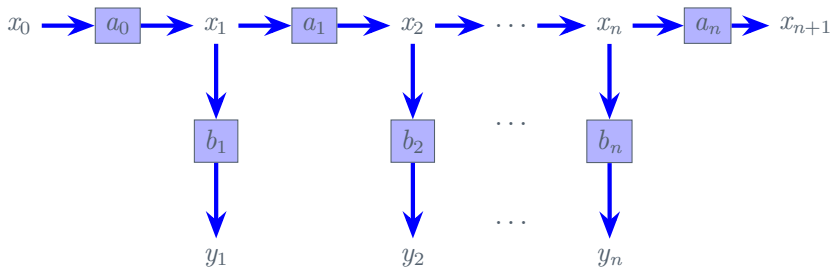
卡尔曼滤波器系统框图



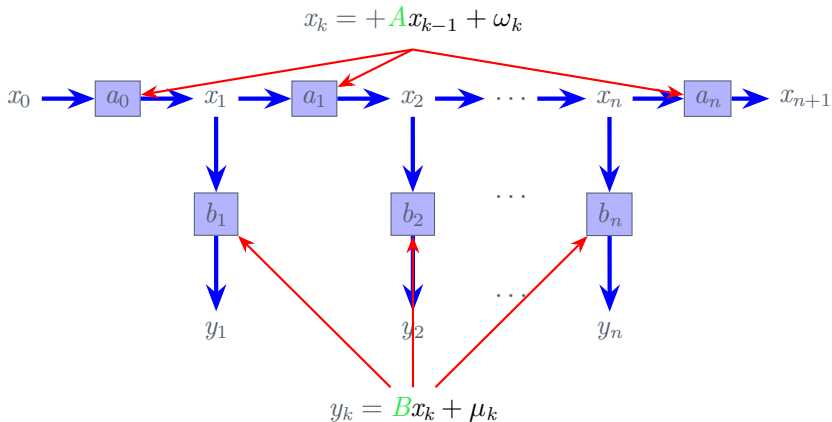
卡尔曼滤波器系统框图



卡尔曼滤波器系统框图



卡尔曼滤波器系统框图





状态向量

动力学系统中可以用物体的位置信息 p 和速度 v 来表示其状态

$$x_k = \begin{bmatrix} p_k \\ v_k \end{bmatrix}$$

协方差矩阵

$$P_k = \begin{bmatrix} \Sigma_{pp} & \Sigma_{pv} \\ \Sigma_{vp} & \Sigma_{vv} \end{bmatrix}$$



基本动力学方程

$$p_k = p_{k-1} + \Delta t v_{k-1} \quad (1)$$

$$v_k = v_{k-1} \quad (2)$$

矩阵表示

$$x_k = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x_{k-1} = F_k x_{k-1} \quad (3)$$



随机变量协方差

$$\text{cov}(x) = \Sigma \quad (4)$$

$$\text{cov}(Ax) = A\Sigma A^T \quad (5)$$

更新后的状态变量以及协方差矩阵如下所示：

$$x_k = F_k x_{k-1} \quad (6)$$

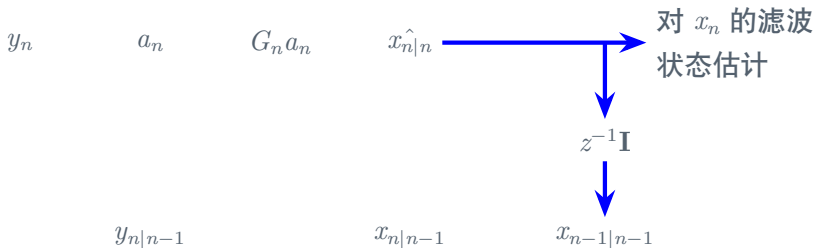
$$P_k = F_k P_{k-1} F_k^T \quad (7)$$

卡尔曼变量和参数

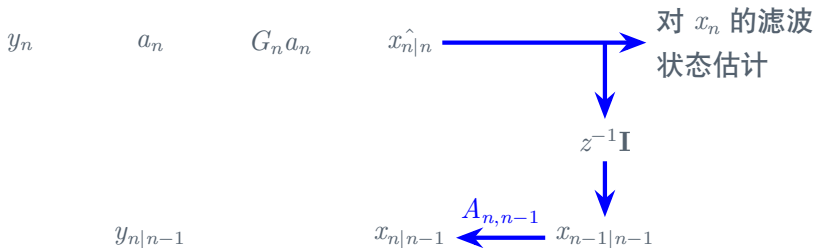


变量	定义	变量	定义
x_n	n 时刻的状态	$Q_{\omega,n}$	动态噪声 ω_n 协方差矩阵
y_n	n 时刻的观测值	$A_{n+1,n}$	n 到 $n+1$ 时刻状态转移矩阵
B_n	n 时刻测量矩阵	$\hat{x}_{n n-1}$	给定 y_1, y_2, \dots, y_{n-1} 状态估计
G_n	n 时刻的卡尔曼增益	$\hat{x}_{n n}$	给定 y_1, y_2, \dots, y_n 状态估计
a_n	n 时刻的新息过程	R_n	n 时刻新息过程协方差矩阵
$P_{n n-1}$	预测误差协方差	$Q_{v,n}$	测量噪声 v_n 协方差矩阵
$P_{n n}$	滤波误差协方差		

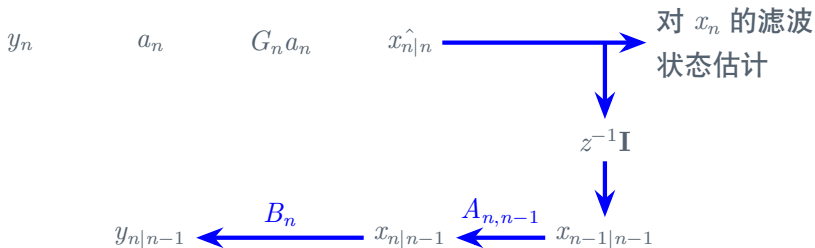
卡尔曼滤波器信号流程



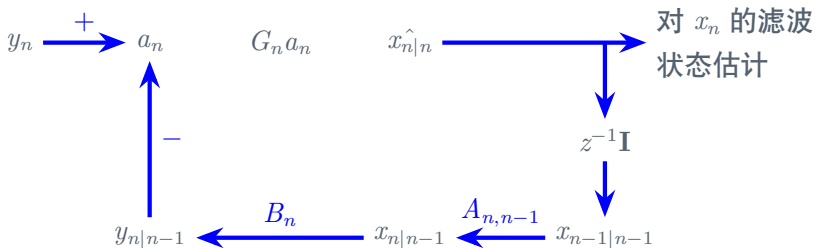
卡尔曼滤波器信号流程



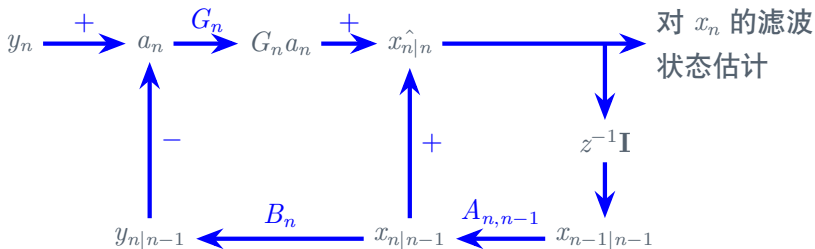
卡尔曼滤波器信号流程



卡尔曼滤波器信号流程



卡尔曼滤波器信号流程





- [1] <https://zh.wikipedia.org/wiki/卡尔曼滤波>
- [2] <http://chunqiu.blog.ustc.edu.cn/?p=223>
- [3] [http://xiahouzuoxin.github.io/notes/html/Kalman 滤波器从原理到实现.html](http://xiahouzuoxin.github.io/notes/html/Kalman%20滤波器从原理到实现.html)

A decorative graphic consisting of multiple overlapping, flowing lines in shades of light blue and white, creating a sense of movement and depth. The lines curve from the left towards the right, with some lines ending in small, sparkling dots.

谢谢!