



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107561937 B

(45) 授权公告日 2021.02.19

(21) 申请号 201710765685.2

(22) 申请日 2017.11.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107561937 A

(43) 申请公布日 2018.01.09

(73) 专利权人 明仕达光电科技(昆山)有限公司
地址 215000 江苏省苏州市昆山市巴城镇
学院路88号1幢

(72) 发明人 唐文明 彭力 唐贤

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务
所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51) Int.Cl.

G05B 13/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105425582 A, 2016.03.23

CN 107065551 A, 2017.08.18

CN 105391299 A, 2016.03.09

CN 107065545 A, 2017.08.18

US 6801810 B1, 2004.10.05

审查员 吴畅业

权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

基于事件驱动的灯联网控制方法

(57) 摘要

本发明为基于事件驱动的灯联网控制方法,其使用关联的马尔可夫决策过程的二次近似值函数的简单参数化,将能够获得基于事件的采样和估计策略,从而最小化一类系统的性能上限,有效地应用于计算具有高维状态空间系统的策略。

1. 一种基于事件驱动的灯联网控制方法,其特征在於:其對设备进行状态测量后,通过技术及控制信号将测量量应用到下一个状态测量;信号 \hat{x}_t 为最近的状态测量的值,并且应用恒定控制信号 $u_t = K\hat{x}_t$ 直到接收到新的测量值,设备的状态递推为:

$$x_{t+1} = Ax_t + BK\hat{x}_t + \omega_t \quad (1)$$

控制变量 a_t 表示状态采样的时间,则 \hat{x}_t 的递推为:

$$\hat{x}_{t+1} = (1-a_t)\hat{x}_t + a_t x_t \quad (2)$$

将误差定义为:

$$e_t = x_t - \hat{x}_t \quad (3)$$

误差递推为:

$$e_{t+1} = (1-a_t) \left((A+BK-I) x_t + (I-BK) e_t \right) + \omega_t \quad (4)$$

设定:

$$z_t^T = \begin{bmatrix} x_t^T & e_t^T \end{bmatrix} \quad (5)$$

状态和误差的递推为:

$$z_{t+1} = \left((1-a_t) A_1 + a_t A_2 \right) z_t + v_t \quad (6)$$

其中

$$A_1 = \begin{bmatrix} A+BK & -BK \\ A+BK-I & I-BK \end{bmatrix} \quad A_2 = \begin{bmatrix} A+BK & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

且

$$\Sigma_v = \begin{bmatrix} \Sigma_\omega & \Sigma_\omega \\ \Sigma_\omega & \Sigma_\omega \end{bmatrix} \quad (8)$$

基於事件的采样方案是在采样时间将整个系统状态发送到估计器,简化了分析,因为估计误差在每个采样时间都复位为零,但当在每个时间段内仅发送输出测量值时,分析将变得复杂;

当接收到新的测量值时,状态估计必须实时更新,可以由前面讨论的控制方法扩展到输出测量的估计问题,

在估计问题中,考虑一个动态性的系统

$$x_{t+1} = Ax_t + w_t, y_t = Cx_t + v_t \quad (9)$$

当所有输出测量可得时,稳态卡尔曼滤波器根据递归

$$\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + L(y_t - C\hat{x}_t) \quad (10)$$

产生最佳状态估计值 \hat{x}_t , 此处的 L 是稳态卡尔曼滤波观测器增益,估计器使

$$\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \sum_{k=0}^{t-1} E \left[(x_k - \hat{x}_k)^T Q (x_k - \hat{x}_k) \right] \quad (11)$$

最小化;

在由设备和估计器组成的系统中将设备的输出的测量值间歇地传输到估计器,操作如下:如果 \hat{x}_t 是当前状态估计,并且在时间 t 无可用测量,则状态 \hat{x}_{t+1} 的估计是

$$\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t \quad (12)$$

如果在时间t有可用测量,则状态 \hat{x}_{t+1} 的估计是

$$\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + L(y_t - C\hat{x}_t) \quad (13)$$

使用变量 $a_t \in \{0, 1\}$ 来表示已经进行了测量,状态估计随着

$$\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + a_t L(y_t - C\hat{x}_t) \quad (14)$$

变化;

进而,状态估计误差 $e_t = \hat{x}_t - x_t$ 的动态方程为:

$$\begin{aligned} e_{t+1} &= \hat{x}_{t+1} - x_{t+1} \\ &= (A\hat{x}_t + a_t L(y_t - C\hat{x}_t)) - (Ax_t + \omega_t) \\ &= (A\hat{x}_t + a_t L(Cx_t + v_t - C\hat{x}_t)) - (Ax_t + \omega_t) \\ &= (A + a_t LC)e_t - \omega_t + a_t Lv_t \end{aligned} \quad (15)$$

用 $A_1 = A$ 表示开环估计器动态, $A_2 = A + LC$ 表示闭环估计器动态来简化符号;
安排测量,以尽量减少传输速率和估计误差,即确定一个策略,选择 a_t 使

$$\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \sum_{k=0}^{t-1} E[e_k^T Q e_k + \lambda a_k] \quad (16)$$

最小;事件检测器可以观察设备的当前状态以及估计器使用的当前状态估计:

当发生取决于估计误差的事件时,将当前输出测量值 y_t 发送到估计器,然后估计器相应地更新其状态估计;

提出基于事件选择的 a_t 的传输策略:令

$$\tilde{\lambda} = \lambda + \text{trace}(L\Sigma_v L^T Y) \quad (17)$$

且令 ρ 和 Y 是优化问题的解;则有

$$\begin{aligned} \min: & \text{trace}(\Sigma_\omega Y) + \rho \tilde{\lambda} \\ \text{s.t.}: & Y \geq Q + (1 - \rho)A_1^T Y A_1 + \rho A_2^T Y A_2 \\ & Y \geq 0 \\ & \rho \leq 1 \\ & \rho \geq 0 \end{aligned} \quad (18)$$

通过设置

$$a = \begin{cases} 0 & \text{if } e_t^T (A_1^T Y A_1 - A_2^T Y A_2) x \leq \tilde{\lambda} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (19)$$

将测量值发送给估计器;

进而由

$$\text{trace}(\Sigma_\omega Y) + \rho \tilde{\lambda} \quad (20)$$

得出该策略产生的成本的上限。

基于事件驱动的灯联网控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及灯具照明技术,特别涉及区域灯具照明技术,具体的,其展示一种基于事件驱动的灯联网控制方法。

背景技术

[0002] 在公共场合,如办公室、教室、会议室、园区、地下车库等有灯光需求时,往往需要进行区域控制,如只有人或车出现的地方开灯等,以达到节能高效利用的目的。这些带有偶然的临时出现的动作我们称作一个事件。

[0003] 在基于事件的控制中,只有在某些事件发生时才启动系统或者改变控制信号。例如,只有当一些测量值的偏差超过系统平衡状态时,才可以应用控制信号。因此,仅在需要时才应用控制动作,同时降低系统必须被检测和启动的速度,从而保持良好的控制性能。

[0004] 原则上,确定如何最佳地安排系统的感测或启动的问题可以作为马尔科夫的决定过程。然而,这些马尔可夫决策过程的最优值函数通常没有一个简单的结构。确定最佳值函数的表达式或简单参数通常是不可能的,因此需要考虑一种物理系统模型状态空间的离散化的数值方法。

[0005] 因此,有必要提供一种基于事件驱动的灯联网控制方法。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于事件驱动的灯联网控制方法,其使用关联的马尔可夫决策过程的二次近似值函数的简单参数化,将能够获得基于事件的采样和估计策略,从而最小化一类系统的性能上限,有效地应用于计算具有高维状态空间系统的策略。

[0007] 本发明通过如下技术方案实现上述目的:

[0008] 一种基于事件驱动的灯联网控制方法,其对设备进行状态测量后,通过技术及控制信号将测量量应用到下一个状态测量;

[0009] 信号 \hat{x}_t 为最近的状态测量的值,并且应用恒定控制信号 $u_t = K\hat{x}_t$ 直到接收到新的测量值,

[0010] 设备的状态递推为:

$$[0011] \quad x_{t+1} = Ax_t + BK\hat{x}_t + \omega_t \quad (1)$$

[0012] 控制变量 a_t 表示状态采样的时间,则 \hat{x}_t 的递推为:

$$[0013] \quad \hat{x}_{t+1} = (1-a_t)\hat{x}_t + a_t x_t \quad (2)$$

[0014] 将误差定义为:

$$[0015] \quad e_t = x_t - \hat{x}_t \quad (3)$$

[0016] 误差递推为:

$$[0017] \quad e_{t+1} = (1-a_t) \left((A+BK-I) x_t + (I-BK) e_t \right) + \omega_t \quad (4)$$

[0018] 设定:

[0019]
$$z_t^T = \begin{bmatrix} x_t^T & e_t^T \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0020] 状态和误差的递推为:

[0021]
$$z_{t+1} = ((1-a_t)A_1 + a_tA_2)z_t + v_t \quad (6)$$

[0022] 其中

[0023]
$$A_1 = \begin{bmatrix} A+BK & -BK \\ A+BK-I & I-BK \end{bmatrix} \quad A_2 = \begin{bmatrix} A+BK & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

[0024] 且

[0025]
$$\Sigma_v = \begin{bmatrix} \Sigma_\omega & \Sigma_\omega \\ \Sigma_\omega & \Sigma_\omega \end{bmatrix} \quad (8)$$

[0026] 基于事件的采样方案是在采样时间将整个系统状态发送到估计器,简化了分析,因为估计误差在每个采样时间都复位为零,但当在每个时间段内仅发送输出测量值时,分析将变得复杂;

[0027] 当接收到新的测量值时,状态估计必须实时更新,可以由前面讨论的控制方法扩展到输出测量的估计问题,

[0028] 在估计问题中,考虑一个动态性的系统

[0029]
$$x_{t+1} = Ax_t + w_t, y_t = Cx_t + v_t \quad (9)$$

[0030] 当所有输出测量可得时,稳态卡尔曼滤波器根据递归

[0031]
$$\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + L(y_t - C\hat{x}_t) \quad (10)$$

[0032] 产生最佳状态估计值 \hat{x}_t ,此处的L是稳态卡尔曼滤波观测器增益,估计器使

[0033]
$$\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \sum_{k=0}^{t-1} E[(x_k - \hat{x}_k)^T Q (x_k - \hat{x}_k)] \quad (11)$$

[0034] 最小化;

[0035] 在由设备和估计器组成的系统中将设备的输出的测量值间歇地传输到估计器,操作如下:如果 \hat{x}_t 是当前状态估计,并且在时间t无可用测量,则状态 \hat{x}_{t+1} 的估计是

[0036]
$$\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t \quad (12)$$

[0037] 如果在时间t有可用测量,则状态 \hat{x}_{t+1} 的估计是

[0038]
$$\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + L(y_t - C\hat{x}_t) \quad (13)$$

[0039] 使用变量 $a_t \in \{0, 1\}$ 来表示已经进行了测量,状态估计随着

[0040]
$$\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + a_t L(y_t - C\hat{x}_t) \quad (14)$$

[0041] 变化;

[0042] 进而,状态估计误差 $e_t = \hat{x}_t - x_t$ 的动态方程为:

[0043]
$$\begin{aligned} e_{t+1} &= \hat{x}_{t+1} - x_{t+1} \\ &= (A\hat{x}_t + a_t L(y_t - C\hat{x}_t)) - (Ax_t + \omega_t) \\ &= (A\hat{x}_t + a_t L(Cx_t + v_t - C\hat{x}_t)) - (Ax_t + \omega_t) \\ &= (A + a_t LC)e_t - \omega_t + a_t Lv_t \end{aligned} \quad (15)$$

[0044] 用 $A_1=A$ 表示开环估计器动态, $A_2=A+LC$ 表示闭环估计器动态来简化符号;

[0045] 安排测量,以尽量减少传输速率和估计误差,即确定一个策略,选择 a_t 使

$$[0046] \quad \limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \sum_{k=0}^{t-1} E[e_k^T Q e_k + \lambda a_k] \quad (16)$$

[0047] 最小;事件检测器可以观察设备的当前状态以及估计器使用的当前状态估计:

[0048] 当发生取决于估计误差的事件时,将当前输出测量值 y_t 发送到估计器,然后估计器相应地更新其状态估计;

[0049] 提出基于事件选择的 a_t 的传输策略:令

$$[0050] \quad \tilde{\lambda} = \lambda + \text{trace}(L \Sigma_v L^T Y) \quad (17)$$

[0051] 且令 ρ 和 Y 是优化问题的解;则有

$$\begin{aligned} \min : & \text{trace}(\Sigma_w Y) + \rho \tilde{\lambda} \\ \text{s.t.} : & Y \geq Q + (1 - \rho) A_1^T Y A_1 + \rho A_2^T Y A_2 \end{aligned}$$

$$[0052] \quad \begin{aligned} Y & \geq 0 \\ \rho & \leq 1 \\ \rho & \geq 0 \end{aligned} \quad (18)$$

[0053] 通过设置

$$[0054] \quad a = \begin{cases} 0 & \text{if } e_t^T (A_1^T Y A_1 - A_2^T Y A_2) x \leq \tilde{\lambda} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (19)$$

[0055] 将测量值发送给估计器;

[0056] 进而由

$$[0057] \quad \text{trace}(\Sigma_w Y) + \rho \tilde{\lambda} \quad (20)$$

[0058] 得出该策略产生的成本的上限。

[0059] 本发明使用关联的马尔可夫决策过程的二次近似值函数的简单参数化,将能够获得基于事件的采样和估计策略,从而最小化一类系统的性能上限,有效地应用于计算具有高维状态空间系统的策略。

附图说明

[0060] 图1是本发明的结构示意图。

具体实施方式

[0061] 实施例:

[0062] 本实施例展示基于事件驱动的灯联网控制方法:

[0063] 请参阅图1,其展示本实施例的基本架构,每次状态被采样时,计算控制信号并应用到下一个状态测量;信号 \hat{x}_t 为最近的状态测量的值,并且应用恒定控制信号 $u_t = K \hat{x}_t$ 直到接收到新的测量值;

[0064] 设备的状态递推为:

[0065] $x_{t+1} = Ax_t + BK\hat{x}_t + \omega_t$ (1)

[0066] 控制变量 a_t 表示状态采样的时间,则 \hat{x}_t 的递推为:

[0067] $\hat{x}_{t+1} = (1-a_t)\hat{x}_t + a_t x_t$ (2)

[0068] 将误差定义为:

[0069] $e_t = x_t - \hat{x}_t$ (3)

[0070] 误差递推为:

[0071] $e_{t+1} = (1-a_t) ((A+BK-I) x_t + (I-BK) e_t) + \omega_t$ (4)

[0072] 设定:

[0073] $z_t^T = [x_t^T \quad e_t^T]$ (5)

[0074] 状态和误差的递推为:

[0075] $z_{t+1} = ((1-a_t) A_1 + a_t A_2) z_t + v_t$ (6)

[0076] 其中

[0077] $A_1 = \begin{bmatrix} A+BK & -BK \\ A+BK-I & I-BK \end{bmatrix} A_2 = \begin{bmatrix} A+BK & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ (7)

[0078] 且

[0079] $\Sigma_v = \begin{bmatrix} \Sigma_\omega & \Sigma_\omega \\ \Sigma_\omega & \Sigma_\omega \end{bmatrix}$ (8)

[0080] 基于事件的采样方案是在采样时间将整个系统状态发送到估计器,简化了分析,因为估计误差在每个采样时间都复位为零,但当在每个时间段内仅发送输出测量值时,分析将变得复杂。

[0081] 当接收到新的测量值时,状态估计必须实时更新,可以由前面讨论的控制方法扩展到输出测量的估计问题,

[0082] 在估计问题中,考虑一个动态性的系统

[0083] $x_{t+1} = Ax_t + w_t, y_t = Cx_t + v_t$ (9)

[0084] 当所有输出测量可得时,稳态卡尔曼滤波器根据递归

[0085] $\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + L(y_t - C\hat{x}_t)$ (10)

[0086] 产生最佳状态估计值 \hat{x}_t ,此处的L是稳态卡尔曼滤波观测器增益,估计器使

[0087] $\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \sum_{k=0}^{t-1} E[(x_k - \hat{x}_k)^T Q (x_k - \hat{x}_k)]$ (11)

[0088] 最小化。

[0089] 同时在由设备和估计器组成的系统中将设备的输出的测量值间歇地传输到估计器,操作如下:如果 \hat{x}_t 是当前状态估计,并且在时间t无可用测量,则状态 \hat{x}_{t+1} 的估计是

[0090] $\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t$ (12)

[0091] 如果在时间t有可用测量,则状态 \hat{x}_{t+1} 的估计是

[0092] $\hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + L(y_t - C\hat{x}_t)$ (13)

[0093] 使用变量 $a_t \in \{0, 1\}$ 来表示已经进行了测量,状态估计随着

$$[0094] \quad \hat{x}_{t+1} = A\hat{x}_t + a_t L(y_t - C\hat{x}_t) \quad (14)$$

[0095] 变化;

[0096] 进而,状态估计误差 $e_t = \hat{x}_t - x_t$ 的动态方程为:

$$[0097] \quad \begin{aligned} e_{t+1} &= \hat{x}_{t+1} - x_{t+1} \\ &= (A\hat{x}_t + a_t L(y_t - C\hat{x}_t)) - (Ax_t + \omega_t) \\ &= (A\hat{x}_t + a_t L(Cx_t + v_t - C\hat{x}_t)) - (Ax_t + \omega_t) \\ &= (A + a_t LC)e_t - \omega_t + a_t Lv_t \end{aligned} \quad (15)$$

[0098] 用 $A_1 = A$ 表示开环估计器动态, $A_2 = A + LC$ 表示闭环估计器动态来简化符号;

[0099] 安排测量,以尽量减少传输速率和估计误差,即确定一个策略,选择 a_t 使

$$[0100] \quad \limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \sum_{k=0}^{t-1} E[e_k^T Q e_k + \lambda a_k] \quad (16)$$

[0101] 最小;事件检测器可以观察设备的当前状态以及估计器使用的当前状态估计:

[0102] 当发生取决于估计误差的事件时,将当前输出测量值 y_t 发送到估计器,然后估计器相应地更新其状态估计;

[0103] 该估计模型可以以相同的形式转换成上述控制的模型,与控制问题一样,提出基于事件选择的 a_t 的传输策略:令

$$[0104] \quad \tilde{\lambda} = \lambda + \text{trace}(L\Sigma_v L^T Y) \quad (17)$$

[0105] 且令 ρ 和 Y 是优化问题的解;则有

$$[0106] \quad \begin{aligned} \min &: \text{trace}(\Sigma_\omega Y) + \rho \tilde{\lambda} \\ \text{s.t.} &: Y \geq Q + (1 - \rho)A_1^T Y A_1 + \rho A_2^T Y A_2 \\ & Y \geq 0 \\ & \rho \leq 1 \\ & \rho \geq 0 \end{aligned} \quad (18)$$

[0107] 通过设置

$$[0108] \quad a = \begin{cases} 0 & \text{if } e_t^T (A_1^T Y A_1 - A_2^T Y A_2) x \leq \tilde{\lambda} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (19)$$

[0109] 将测量值发送给估计器。

[0110] 进而由

$$[0111] \quad \text{trace}(\Sigma_\omega Y) + \rho \tilde{\lambda} \quad (20)$$

[0112] 得出该策略产生的成本的上限。

[0113] 本发明使用关联的马尔可夫决策过程的二次近似值函数的简单参数化,将能够获得基于事件的采样和估计策略,从而最小化一类系统的性能上限,有效地应用于计算具有高维状态空间系统的策略。

[0114] 以上所述的仅是本发明的一些实施方式。对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明创造构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。

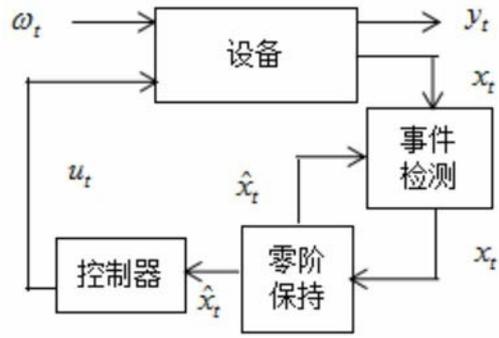


图1