

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 1 月 7 日 (07.01.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/000487 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 19/00 (2011.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/078026
- (22) 国际申请日: 2015 年 4 月 30 日 (30.04.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410315478.3 2014 年 7 月 3 日 (03.07.2014) CN
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。
- (72) 发明人: 刘宗香 (LIU, Zongxiang); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 谢维信 (XIE, Weixin); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 李良群 (LI, Liangqun); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 李丽娟 (LI, Lijuan); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

- (74) 代理人: 深圳市恒申知识产权事务所 (普通合伙) (HENSEN INTELLECTUAL PROPERTY FIRM); 中国广东省深圳市福田区南园路 68 号上步大厦 10H, Guangdong 518000 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: TARGET TRACKING METHOD AND TRACKING SYSTEM BASED ON VARIABLE COEFFICIENT α - β FILTER

(54) 发明名称: 一种基于变系数 α - β 滤波器的目标跟踪方法与跟踪系统

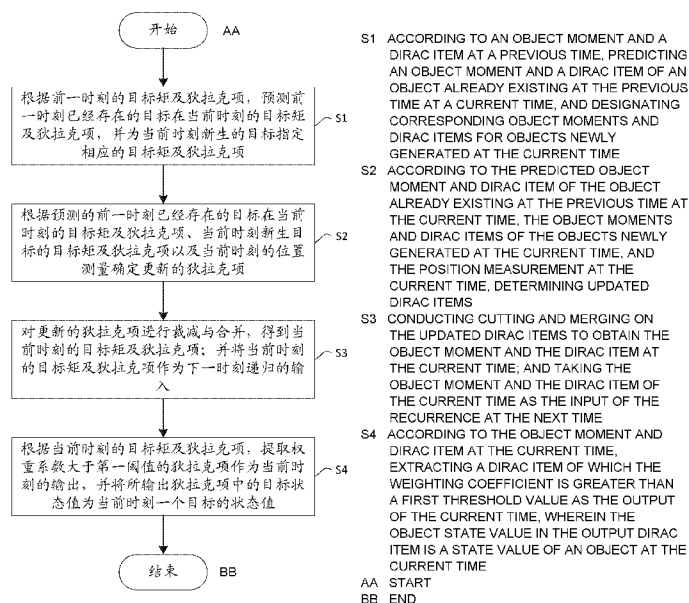


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: A target tracking method and tracking system based on a variable coefficient α - β filter, which are suitable for the field of multi-sensor information fusion. The method comprises the steps of: first, according to an object moment and a Dirac item at a previous time, predicting an object moment and a Dirac item of an object already existing at the previous time at a current time, and designating corresponding object moments and Dirac items for objects newly generated at the current time; then, determining updated Dirac items using a variable coefficient α - β filter in combination with the position measurement at the current time; and then conducting cutting and merging on the updated Dirac items to obtain the object moment and the Dirac item at the current time, and taking the object moment and the Dirac item of the current time as the input of the recurrence at the next time; and finally, extracting a Dirac item of which the weighting coefficient is greater than a first threshold value as the output of the current time, wherein the object state value in the output Dirac item is a state value of an object at the current time.

(57) 摘要:

[见续页]

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种基于变系数 α - β 滤波器的目标跟踪方法与跟踪系统, 适用于多传感器信息融合领域。所述方法步骤如下: 首先根据前一时刻的目标矩及狄拉克项, 预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项, 并为当前时刻新生的目标指定相应的目标矩及狄拉克项, 再结合当前时刻的位置测量并利用变系数 α - β 滤波器确定更新的狄拉克项, 再对更新的狄拉克项进行裁减与合并, 得到当前时刻的目标矩及狄拉克项, 当前时刻的目标矩及狄拉克项作为下一时刻递归的输入, 最后提取权重系数大于第一阈值的狄拉克项作为当前时刻的输出, 所输出狄拉克项中的目标状态值为当前时刻一个目标的状态值。

一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法与跟踪系统

技术领域

本发明属于多传感器信息融合技术领域,尤其涉及一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法与跟踪系统。

背景技术

概率假设密度滤波方法是解决目标检测和跟踪的新方法。其最大的优点是减少了贝叶斯滤波方法中的积分运算,并能给出瞬时目标数估计,在多目标的检测、定位与跟踪中已取得了比较广泛的应用。

概率假设密度滤波方法是一种传递联合后验分布一阶矩的数据处理方法。由于涉及积分运算,概率假设密度滤波器通常采用粒子滤波法或高斯混和法近似实现。不论是粒子滤波法还是高斯混和法均要求目标运动过程中过程噪声的分布特征、传感器观测过程中观测噪声的分布特征均是已知的。当过程噪声的分布特征未知时,现有的概率假设密度滤波器及其近似实现方法难以工作。过程噪声分布特征未知情况下概率假设密度滤波器的多目标跟踪问题是需要探索 and 解决的一个关键技术问题。

为解决过程噪声分布特征或目标数未知情况下的多目标跟踪问题,我们提出了一种基于常系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法,但该方法存在新目标探测能力差,多目标跟踪精度低等问题,如何提高 $\alpha-\beta$ 滤波器的新目标探测能力和多目标跟踪精度又是一个需要探索 and 解决的关键技术问题。

发明内容

本发明所要解决的技术问题在于提供一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法与跟踪系统,旨在提高 $\alpha-\beta$ 滤波器的新目标探测能力和多目标跟踪精度。本发明是这样实现的:

一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法,包括以下步骤:

步骤 S1: 根据前一时刻的目标矩及狄拉克项,预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项,并为当前时刻新生的目标指定相应的目标矩及狄拉克项;

步骤 S2: 根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项、当前时刻新生目标的目标矩及狄拉克项以及当前时刻的位置测量确定更

$(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ 及目标矩 $p_{jk}(x)$, 以及当前时刻的位置测量, 利用变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器确定出当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{jk}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$, 其中, $w_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的权重系数, $m_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项产生的时间, n_k 为当前时刻位置测量的个数, 所述当前时刻的位置测量包含由当前时刻目标产生的位置测量和由当前时刻杂波产生的位置测量, i 和 j 是索引号, 并且当 $j \leq n_k$ 时,

$$w_{k|k}^{i,j} = \frac{p_{Dk} w_{k|k-1}^i N(z_j; H_k m_{k|k-1}^i, R_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^i)} + c^2 R_j)}{\lambda_c + p_{Dk} \sum_{e=1}^{J_{k-1}+J_{jk}} w_{k|k-1}^e N(z_j; H_k m_{k|k-1}^e, R_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^e)} + c^2 R_j)},$$

$$m_{k|k}^{i,j} = m_{k|k-1}^i + K_i (z_j - H_k m_{k|k-1}^i),$$

$$t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, \text{ 其中, } t \text{ 表示当前时刻的时间, } K_i \text{ 为增益矩阵, } z_j \text{ 表示当前时刻 } n_k \text{ 个位置测量中的第 } j \text{ 个位置测量, } H_k \text{ 为观测矩阵, } R_j \text{ 为观测噪声的方差矩阵, } c \text{ 为放大因子, } R_0 \text{ 是为探测新目标而设置的协方差, } p_{Dk} \text{ 为目标的检测概率, } \lambda_c \text{ 为当前时刻观测空间中杂波的密度, 当 } j = n_k + 1 \text{ 时, } m_{k|k}^{i,j} = m_{k|k-1}^i, t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, w_{k|k}^{i,j} = (1 - p_{Dk}) w_{k|k-1}^i;$$

$$K_k = \begin{bmatrix} \alpha_k & 0 \\ \beta_k / T & 0 \\ 0 & \alpha_k \\ 0 & \beta_k / T \end{bmatrix};$$

K_i 取变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器的增益矩阵, 并且当前时刻与前一时刻的时间差, α_k 和 β_k 是两个时变的系数, 并且 $\alpha_k = 0.4 + 0.6e^{-\frac{(t-t_{k|k-1}^i)}{20}}$, $\beta_k = 2 - \alpha_k - 2\sqrt{1 - \alpha_k}$ 。

进一步地, 所述步骤 S3 具体为:

将当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{jk}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$ 表述为 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots,J_{k|k}$; 其中, q 为索引号, 取值为 1 至 $J_{k|k}$, $J_{k|k}$ 为更新的狄拉克项的个数, $w_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的权重, $m_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间, 并且 $J_{k|k} = (n_k + 1)(J_{k-1} + J_{jk})$, $q = (J_{k-1} + J_{jk})(j-1) + i$, $w_{k|k}^q = w_{k|k}^{i,j}$, $m_{k|k}^q = m_{k|k}^{i,j}$, $t_{k|k}^q = t_{k|k}^{i,j}$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{jk}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$;

从当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots,J_{k|k}$ 中裁减掉权重系数 $w_{k|k}^i$ 小于第二阈值的狄拉克项;

从裁减后余下的狄拉克项中将距离 d_{ij} 小于第三阈值的狄拉克项合并成一

个；其中，合并距离 d_{ij} 为 $d_{ij} = \sqrt{(\mathbf{m}_{k|k}^i - \mathbf{m}_{k|k}^j)^T (\mathbf{m}_{k|k}^i - \mathbf{m}_{k|k}^j)}$ ；多个狄拉克项的合并方法为： $w_k^b = \sum_{i \in L} w_{k|k}^i$ ， $\mathbf{m}_k^b = \frac{1}{w_k^b} \sum_{i \in L} w_{k|k}^i \mathbf{m}_{k|k}^i$ ，其中， L 为合并狄拉克项上标形成的集合，上标 T 和 b 分别表示矩阵的转置和合并后狄拉克项的索引号；合并狄拉克项的时间 t_k^b 取合并前狄拉克项中权重系数最大狄拉克项的时间；

将裁减与合并后的狄拉克项 $(w_k^i, \mathbf{m}_k^i, t_k^i)$ ， $i=1, \dots, J_k$ 作为当前时刻的狄拉克项，并将裁减与合并后的狄拉克项的加权和作为当前时刻的目标矩 $p_k(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{J_k} w_k^i \delta(\mathbf{x} - \mathbf{m}_k^i)$ ，其中， J_k 为当前时刻狄拉克项的个数， i 为索引号，取值为1至 J_k 。

一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪系统，包括：

预测模块，用于根据前一时刻的目标矩及狄拉克项，预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项，并为当前时刻新生的目标指定相应的目标矩及狄拉克项；

更新模块，用于根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项、当前时刻新生目标的目标矩及狄拉克项以及当前时刻的位置测量确定更新的狄拉克项；

裁减与合并模块，用于对更新的狄拉克项进行裁减与合并，得到当前时刻的目标矩及狄拉克项；并将当前时刻的目标矩及狄拉克项作为下一时刻递归的输入；

目标状态提取模块，用于根据当前时刻的目标矩及狄拉克项，提取权重系数大于第一阈值的狄拉克项作为当前时刻的输出，并将所输出狄拉克项中的目标状态值为当前时刻一个目标的状态值。

进一步地，在所述预测模块中，以 $k-1$ 表示前一时刻，以 k 表示当前时刻；

前一时刻的狄拉克项为 $(w_{k-1}^i, \mathbf{m}_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$ ， $i=1, 2, \dots, J_{k-1}$ ，其中， w_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的权重系数， $\mathbf{m}_{k-1}^i$ 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的目标状态值， J_{k-1} 表示前一时刻狄拉克项的数目， i 为索引号，取值为1至 J_{k-1} ； t_{k-1}^i 表示第 i 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间；

前一时刻的目标矩为 $p_{k-1}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k-1}^i \delta(\mathbf{x} - \mathbf{m}_{k-1}^i)$ ，其中， δ 表示狄拉克分布， $\mathbf{x}$ 表示目标的状态；所述预测模块用于根据前一时刻目标矩 $p_{k-1}(\mathbf{x})$ 及狄拉克项 $(w_{k-1}^i, \mathbf{m}_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$ ，预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, \mathbf{m}_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ ， $i=1, 2, \dots, J_{k-1}$ ；其中， $w_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的权重系

数, $\mathbf{m}_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间, 并且 $w_{k|k-1}^i = p_{sk} w_{k-1}^i$, $\mathbf{m}_{k|k-1}^i = \mathbf{F}_{k-1} \mathbf{m}_{k-1}^i$, $t_{k|k-1}^i = t_{k-1}^i$, 其中, $\mathbf{F}_{k-1}$ 为状态转移矩阵, p_{sk} 为目标幸存的概率; 预测的目标矩 $p_{k|k-1}(\mathbf{x})$ 为
$$p_{k|k-1}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k|k-1}^i \delta(\mathbf{x} - \mathbf{m}_{k|k-1}^i);$$

指定当前时刻新生目标的狄拉克项为 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, \mathbf{m}_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}$, 新生目标的目标矩为
$$p_{J_{k-1}}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} \delta(\mathbf{x} - \mathbf{m}_{k|k-1}^{i+J_{k-1}});$$
 其中, $w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的权重系数, $\mathbf{m}_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生狄拉克项产生的时间, J_{k-1} 为新生狄拉克项的个数, i 为索引号, 并且 $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} = t$, t 表示当前时刻的时间。

进一步地, 所述更新模块用于根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, \mathbf{m}_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ 及目标矩 $p_{k|k-1}(\mathbf{x})$, 以及指定的当前时刻新生目标的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, \mathbf{m}_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ 及目标矩 $p_{J_{k-1}}(\mathbf{x})$, 以及当前时刻的位置测量, 利用变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器确定出当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, \mathbf{m}_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{k-1}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$, 其中, $w_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的权重系数, $\mathbf{m}_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项产生的时间, n_k 为当前时刻位置测量的个数, 所述当前时刻的位置测量包含由当前时刻目标产生的位置测量和由当前时刻杂波产生的位置测量, i 和 j 是索引号, 并且当 $j \leq n_k$ 时,

$$w_{k|k}^{i,j} = \frac{p_{Dk} w_{k|k-1}^i N(\mathbf{z}_j; \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^i, \mathbf{R}_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^i)} + c^2 \mathbf{R}_j)}{\lambda_c + p_{Dk} \sum_{e=1}^{J_{k-1}+J_{k-1}} w_{k|k-1}^e N(\mathbf{z}_j; \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^e, \mathbf{R}_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^e)} + c^2 \mathbf{R}_j)},$$

$$\mathbf{m}_{k|k}^{i,j} = \mathbf{m}_{k|k-1}^i + \mathbf{K}_i (\mathbf{z}_j - \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^i),$$

$$t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, \text{ 其中, } t \text{ 表示当前时刻的时间, } \mathbf{K}_i \text{ 为增益矩阵, } \mathbf{z}_j \text{ 表示当前时刻 } n_k \text{ 个位置测量中的第 } j \text{ 个位置测量, } \mathbf{H}_k \text{ 为观测矩阵, } \mathbf{R}_j \text{ 为观测噪声的方差矩阵, } c \text{ 为放大因子, } \mathbf{R}_0 \text{ 是为探测新目标而设置的协方差, } p_{Dk} \text{ 为目标的检测概率, } \lambda_c \text{ 为当前时刻观测空间中杂波的密度, 当 } j = n_k + 1 \text{ 时, } \mathbf{m}_{k|k}^{i,j} = \mathbf{m}_{k|k-1}^i, \quad t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, \quad w_{k|k}^{i,j} = (1 - p_{Dk}) w_{k|k-1}^i;$$

$$\mathbf{K}_k = \begin{bmatrix} \alpha_k & 0 \\ \beta_k / T & 0 \\ 0 & \alpha_k \\ 0 & \beta_k / T \end{bmatrix};$$

$\mathbf{K}_i$ 取变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器的增益矩阵, 并且 T 为当前时刻与前一时刻的时间差, α_k 和 β_k 是两个时变的系数, 并且

$$\alpha_k = 0.4 + 0.6e^{\frac{(t-t_{k|k-1}^i)}{20}}, \quad \beta_k = 2 - \alpha_k - 2\sqrt{1 - \alpha_k}.$$

进一步地, 所述裁减与合并模块用于将当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{jk}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$ 表述为 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots,J_{k|k}$; 其中, q 为索引号, 取值为 1 至 $J_{k|k}$, $J_{k|k}$ 为更新的狄拉克项的个数, $w_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的权重, $m_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间, 并且 $J_{k|k} = (n_k + 1)(J_{k-1} + J_{jk})$, $q = (J_{k-1} + J_{jk})(j-1) + i$, $w_{k|k}^q = w_{k|k}^{i,j}$, $m_{k|k}^q = m_{k|k}^{i,j}$, $t_{k|k}^q = t_{k|k}^{i,j}$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{jk}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$.

从当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots,J_{k|k}$ 中裁减掉权重系数 $w_{k|k}^i$ 小于第二阈值的狄拉克项;

从裁减后余下的狄拉克项中将距离 d_{ij} 小于第三阈值的狄拉克项合并成一个; 其中, 合并距离 d_{ij} 为 $d_{ij} = \sqrt{(m_{k|k}^i - m_{k|k}^j)^T (m_{k|k}^i - m_{k|k}^j)}$; 多个狄拉克项的合并方

法为: $w_k^b = \sum_{i \in L} w_{k|k}^i$, $m_k^b = \frac{1}{w_k^b} \sum_{i \in L} w_{k|k}^i m_{k|k}^i$, 其中, L 为合并狄拉克项上标形成的集合, 上标 T 和 b 分别表示矩阵的转置和合并后狄拉克项的索引号; 合并狄拉克项的时间 t_k^b 取合并前狄拉克项中权重系数最大狄拉克项的时间;

将裁减与合并后的狄拉克项 (w_k^i, m_k^i, t_k^i) , $i=1,\dots,J_k$ 作为当前时刻的狄拉克项, 并将裁减与合并后的狄拉克项的加权和作为当前时刻的目标矩

$p_k(x) = \sum_{i=1}^{J_k} w_k^i \delta(x - m_k^i)$, 其中, J_k 为当前时刻狄拉克项的个数, i 为索引号, 取值为 1 至 J_k .

本发明与基于常系数 α - β 滤波器的多目标跟踪方法相比, 常系数 α - β 滤波器的滤波增益是固定不变的, 而本发明中 α - β 滤波器的滤波增益是时变的。在本发明中, 每一个狄拉克项都有一个时间标识, 用以记录与之相应的新生狄拉克项产生的时间。狄拉克项中的时间标识被用于 α - β 滤波器的滤波增益的计算。对于新生的目标, α - β 滤波器的滤波增益大, 从而使得本发明能快速地探测与跟踪新生的目标; 对于已存在的目标, α - β 滤波器的滤波增益小, 这样能保证本发明对已存在的目标具有较高的跟踪精度。

附图说明

图 1: 本发明实施例提供的一种基于变系数 α - β 滤波器的目标跟踪方法的流程图示意图;

图 2: 本发明实施例提供的一种基于变系数 α - β 滤波器的目标跟踪系统的

结构示意图;

图 3: 本发明实施例所使用的仿真测量数据;

图 4: 本发明与现有的基于常系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法的平均 OSPA 距离对比图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白, 以下结合附图及实施例, 对本发明进行进一步详细说明。应当理解, 此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

不同于常系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的滤波增益固定不变, 本发明中 $\alpha-\beta$ 滤波器的滤波增益是时变的。利用时变的滤波增益提高了本发明对新目标的探测能力及多目标跟踪精度。

如图 1 所示, 一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法, 包括以下步骤:

步骤 S1: 根据前一时刻的目标矩及狄拉克项, 预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项, 并为当前时刻新生的目标指定相应的目标矩及狄拉克项;

步骤 S2: 根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项、当前时刻新生目标的目标矩及狄拉克项以及当前时刻的位置测量确定更新的狄拉克项;

步骤 S3: 对更新的狄拉克项进行裁减与合并, 得到当前时刻的目标矩及狄拉克项; 并将当前时刻的目标矩及狄拉克项作为下一时刻递归的输入;

步骤 S4: 根据当前时刻的目标矩及狄拉克项, 提取权重系数大于第一阈值的狄拉克项作为当前时刻的输出, 并将所输出狄拉克项中的目标状态值为当前时刻一个目标的状态值。

步骤 S1 中, 以 $k-1$ 表示前一时刻, 以 k 表示当前时刻;

前一时刻的狄拉克项为 $(w_{k-1}^i, m_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$, $i=1, 2, \dots, J_{k-1}$, 其中, w_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的权重系数, m_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的目标状态值, J_{k-1} 表示前一时刻狄拉克项的数目, i 为索引号, 取值为 1 至 J_{k-1} ; t_{k-1}^i 表示第 i 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间;

前一时刻的目标矩为
$$P_{k-1}(x) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k-1}^i \delta(x - m_{k-1}^i)$$
, 其中, δ 表示狄拉克分布, x 表示目标的状态;

所述步骤 S1 具体包括下述步骤:

根据前一时刻目标矩 $P_{k-1}(x)$ 及狄拉克项 $(w_{k-1}^i, m_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$, 预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, m_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$, $i=1, 2, \dots, J_{k-1}$; 其中, $w_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的权重系数, $m_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的目标状

态值, $t_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间, 并且 $w_{k|k-1}^i = p_{sk} w_{k-1}^i$, $m_{k|k-1}^i = F_{k-1} m_{k-1}^i$, $t_{k|k-1}^i = t_{k-1}^i$, 其中, F_{k-1} 为状态转移矩阵, p_{sk} 为目

标幸存的概率; 预测的目标矩 $p_{k|k-1}(x)$ 为 $p_{k|k-1}(x) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k|k-1}^i \delta(x - m_{k|k-1}^i)$;

指定当前时刻新生目标的狄拉克项为 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$, $i=1, 2, \dots, J_{k-1}$, 新

生目标的目标矩为 $p_{jk}(x) = \sum_{i=1}^{J_{jk}} w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} \delta(x - m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$; 其中, $w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的权重系数, $m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生狄拉克项产生的时间, J_{jk} 为新生狄拉克项的个数, i 为索引号, 并且 $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} = t$, t 表示当前时刻的时间。

步骤 S2 具体为:

根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, m_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ 及目标矩 $p_{k|k-1}(x)$, 以及指定的当前时刻新生目标的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ 及目标矩 $p_{jk}(x)$, 以及当前时刻的位置测量, 利用变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器确定出当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i=1, 2, \dots, J_{k-1} + J_{jk}$, $j=1, 2, \dots, n_k + 1$, 其中, $w_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的权重系数, $m_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项产生的时间, n_k 为当前时刻位置测量的个数, 所述当前时刻的位置测量包含由当前时刻目标产生的位置测量和由当前时刻杂波产生的位置测量, i 和 j 是索引号, 并且当 $j \leq n_k$ 时,

$$w_{k|k}^{i,j} = \frac{p_{Dk} w_{k|k-1}^i N(z_j; H_k m_{k|k-1}^i, R_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^i)} + c^2 R_j)}{\lambda_c + p_{Dk} \sum_{e=1}^{J_{k-1}+J_{jk}} w_{k|k-1}^e N(z_j; H_k m_{k|k-1}^e, R_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^e)} + c^2 R_j)},$$

$$m_{k|k}^{i,j} = m_{k|k-1}^i + K_i (z_j - H_k m_{k|k-1}^i),$$

$$t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, \text{ 其中, } t \text{ 表示当前时刻的时间, } K_i \text{ 为增益矩阵, } z_j \text{ 表示当前时刻 } n_k \text{ 个位置测量中的第 } j \text{ 个位置测量, } H_k \text{ 为观测矩阵, } R_j \text{ 为观测噪声的方差矩阵, } c \text{ 为放大因子, } R_0 \text{ 是为探测新目标而设置的协方差, } p_{Dk} \text{ 为目标的检测概率, } \lambda_c \text{ 为当前时刻观测空间中杂波的密度, 当 } j = n_k + 1 \text{ 时, } m_{k|k}^{i,j} = m_{k|k-1}^i, t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, w_{k|k}^{i,j} = (1 - p_{Dk}) w_{k|k-1}^i;$$

$$K_k = \begin{bmatrix} \alpha_k & 0 \\ \beta_k / T & 0 \\ 0 & \alpha_k \\ 0 & \beta_k / T \end{bmatrix};$$

K_i 取变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器的增益矩阵, 并且 T 为当前时刻与前一时刻的时间差, α_k 和 β_k 是两个时变的系数, 并且

$$\alpha_k = 0.4 + 0.6e^{\frac{(t-t_{k|k-1}^i)}{20}}, \quad \beta_k = 2 - \alpha_k - 2\sqrt{1 - \alpha_k}.$$

步骤 S3 具体为:

将当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{\gamma k}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$ 表述为 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots,J_{k|k}$; 其中, q 为索引号, 取值为 1 至 $J_{k|k}$, $J_{k|k}$ 为更新的狄拉克项的个数, $w_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的权重, $m_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间, 并且 $J_{k|k} = (n_k + 1)(J_{k-1} + J_{\gamma k})$, $q = (J_{k-1} + J_{\gamma k})(j-1) + i$, $w_{k|k}^q = w_{k|k}^{i,j}$, $m_{k|k}^q = m_{k|k}^{i,j}$, $t_{k|k}^q = t_{k|k}^{i,j}$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{\gamma k}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$;

从当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots,J_{k|k}$ 中裁减掉权重系数 $w_{k|k}^i$ 小于第二阈值的狄拉克项;

从裁减后余下的狄拉克项中将距离 d_{ij} 小于第三阈值的狄拉克项合并成一个; 其中, 合并距离 d_{ij} 为 $d_{ij} = \sqrt{(m_{k|k}^i - m_{k|k}^j)^T (m_{k|k}^i - m_{k|k}^j)}$; 多个狄拉克项的合并方

法为: $w_k^b = \sum_{i \in L} w_{k|k}^i$, $m_k^b = \frac{1}{w_k^b} \sum_{i \in L} w_{k|k}^i m_{k|k}^i$, 其中, L 为合并狄拉克项上标形成的集合, 上标 T 和 b 分别表示矩阵的转置和合并后狄拉克项的索引号; 合并狄拉克项的时间 t_k^b 取合并前狄拉克项中权重系数最大狄拉克项的时间;

将裁减与合并后的狄拉克项 (w_k^i, m_k^i, t_k^i) , $i=1,\dots,J_k$ 作为当前时刻的狄拉克项, 并将裁减与合并后的狄拉克项的加权和作为当前时刻的目标矩

$p_k(x) = \sum_{i=1}^{J_k} w_k^i \delta(x - m_k^i)$, 其中, J_k 为当前时刻狄拉克项的个数, i 为索引号, 取值为 1 至 J_k . ε 即为设定阈值, 可取 0.5.

如图 2 所示, 本发明还提供一种基于变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器的目标跟踪系统, 包括:

预测模块 1, 用于根据前一时刻的目标矩及狄拉克项, 预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项, 并为当前时刻新生的目标指定相应的目标矩及狄拉克项;

更新模块 2, 用于根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项、当前时刻新生目标的目标矩及狄拉克项以及当前时刻的位置测量确定更新的狄拉克项;

裁减与合并模块 3, 用于对更新的狄拉克项进行裁减与合并, 得到当前时刻的目标矩及狄拉克项; 并将当前时刻的目标矩及狄拉克项作为下一时刻递归的输入;

目标状态提取模块 4, 用于根据当前时刻的目标矩及狄拉克项, 提取权重系数大于第一阈值的狄拉克项作为当前时刻的输出, 并将所输出狄拉克项中的

目标状态值为当前时刻一个目标的状态值。

其中，在预测模块1中，以 $k-1$ 表示前一时刻，以 k 表示当前时刻；

前一时刻的狄拉克项为 $(w_{k-1}^i, m_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$ ， $i=1,2,\dots,J_{k-1}$ ，其中， w_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的权重系数， m_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的目标状态值， J_{k-1} 表示前一时刻狄拉克项的数目， i 为索引号，取值为1至 J_{k-1} ； t_{k-1}^i 表示第 i 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间；

前一时刻的目标矩为 $p_{k-1}(x) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k-1}^i \delta(x - m_{k-1}^i)$ ，其中， δ 表示狄拉克分布， x 表示目标的状态；所述预测模块用于根据前一时刻目标矩 $p_{k-1}(x)$ 及狄拉克项 $(w_{k-1}^i, m_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$ ，预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, m_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ ， $i=1,2,\dots,J_{k-1}$ ；其中， $w_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的权重系数， $m_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间，并且 $w_{k|k-1}^i = p_{sk} w_{k-1}^i$ ， $m_{k|k-1}^i = F_{k-1} m_{k-1}^i$ ， $t_{k|k-1}^i = t_{k-1}^i$ ，其中， F_{k-1} 为状态转移矩阵， p_{sk} 为目标幸存的概率；预测的目标矩

$$p_{k|k-1}(x) \text{ 为 } p_{k|k-1}(x) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k|k-1}^i \delta(x - m_{k|k-1}^i) ;$$

指定当前时刻新生目标的狄拉克项为 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ ， $i=1,2,\dots,J_{\gamma k}$ ，新生目标的目标矩为 $p_{\gamma k}(x) = \sum_{i=1}^{J_{\gamma k}} w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} \delta(x - m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ ；其中， $w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的权重系数， $m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生狄拉克项产生的时间， $J_{\gamma k}$ 为新生狄拉克项的个数， i 为索引号，并且 $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} = t$ ， t 表示当前时刻的时间。

更新模块2用于根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, m_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ 及目标矩 $p_{k|k-1}(x)$ ，以及指定的当前时刻新生目标的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ 及目标矩 $p_{\gamma k}(x)$ ，以及当前时刻的位置测量，利用变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器确定出当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$ ， $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{\gamma k}$ ， $j=1,2,\dots,n_k+1$ ，其中， $w_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的权重系数， $m_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项产生的时间， n_k 为当前时刻位置测量的个数，所述当前时刻的位置测量包含由当前时刻目标产生的位置测量和由当前时刻杂波产生的位置测量， i 和 j 是索引号，并且当 $j \leq n_k$ 时，

$$w_{k|k}^{i,j} = \frac{p_{Dk} w_{k|k-1}^i N(z_j; H_k m_{k|k-1}^i, R_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^i)} + c^2 R_j)}{\lambda_c + p_{Dk} \sum_{e=1}^{J_{k-1}+J_{\gamma k}} w_{k|k-1}^e N(z_j; H_k m_{k|k-1}^e, R_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^e)} + c^2 R_j)}$$

$$m_{k|k}^{i,j} = m_{k|k-1}^i + K_i (z_j - H_k m_{k|k-1}^i),$$

$t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i$, 其中, t 表示当前时刻的时间, K_i 为增益矩阵, z_j 表示当前时刻 n_k 个位置测量中的第 j 个位置测量, H_k 为观测矩阵, R_j 为观测噪声的方差矩阵, c 为放大因子, R_0 是为探测新目标而设置的协方差, P_{Dk} 为目标检测概率, λ_c 为当前时刻观测空间中杂波的密度, 当 $j = n_k + 1$ 时, $m_{k|k}^{i,j} = m_{k|k-1}^i$, $t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i$, $w_{k|k}^{i,j} = (1 - p_{Dk})w_{k|k-1}^i$;

$$K_k = \begin{bmatrix} \alpha_k & 0 \\ \beta_k/T & 0 \\ 0 & \alpha_k \\ 0 & \beta_k/T \end{bmatrix};$$

K_i 取变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器的增益矩阵, 并且当前时刻与前一时刻的时间差, α_k 和 β_k 是两个时变的系数, 并且 $\alpha_k = 0.4 + 0.6e^{-\frac{(t-t_{k|k-1}^i)}{20}}$, $\beta_k = 2 - \alpha_k - 2\sqrt{1 - \alpha_k}$ 。

裁减与合并模块 3 用于将当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i = 1, 2, \dots, J_{k-1} + J_{jk}$, $j = 1, 2, \dots, n_k + 1$ 表述为 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q = 1, \dots, J_{k|k}$; 其中, q 为索引号, 取值为 1 至 $J_{k|k}$, $J_{k|k}$ 为更新的狄拉克项的个数, $w_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的权重, $m_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间, 并且 $J_{k|k} = (n_k + 1)(J_{k-1} + J_{jk})$, $q = (J_{k-1} + J_{jk})(j-1) + i$, $w_{k|k}^q = w_{k|k}^{i,j}$, $m_{k|k}^q = m_{k|k}^{i,j}$, $t_{k|k}^q = t_{k|k}^{i,j}$, $i = 1, 2, \dots, J_{k-1} + J_{jk}$, $j = 1, 2, \dots, n_k + 1$;

从当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q = 1, \dots, J_{k|k}$ 中裁减掉权重系数 $w_{k|k}^i$ 小于第二阈值的狄拉克项;

从裁减后余下的狄拉克项中将距离 d_{ij} 小于第三阈值的狄拉克项合并成一个; 其中, 合并距离 d_{ij} 为 $d_{ij} = \sqrt{(m_{k|k}^i - m_{k|k}^j)^T (m_{k|k}^i - m_{k|k}^j)}$; 多个狄拉克项的合并方法为:

$w_k^b = \sum_{i \in L} w_{k|k}^i$, $m_k^b = \frac{1}{w_k^b} \sum_{i \in L} w_{k|k}^i m_{k|k}^i$, 其中, L 为合并狄拉克项上标形成的集合, 上标 T 和 b 分别表示矩阵的转置和合并后狄拉克项的索引号; 合并狄拉克项的时间 t_k^b 取合并前狄拉克项中权重系数最大狄拉克项的时间;

将裁减与合并后的狄拉克项 (w_k^i, m_k^i, t_k^i) , $i = 1, \dots, J_k$ 作为当前时刻的狄拉克项, 并将裁减与合并后的狄拉克项的加权和作为当前时刻的目标矩

$p_k(x) = \sum_{i=1}^{J_k} w_k^i \delta(x - m_k^i)$, 其中, J_k 为当前时刻狄拉克项的个数, i 为索引号, 取值为 1 至 J_k 。

本发明所述的一种基于变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器的目标跟踪方法利用时变的滤波增益提高了本发明对新目标的探测能力及多目标跟踪精度。作为本发明的一

个实施例, 取杂波密度 $\lambda_c = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^{-2}$, 目标状态 $\mathbf{x} = [x \ \dot{x} \ y \ \dot{y}]^T$, 其中, x 和 y 分别表示位置分量, $\dot{x}$ 和 $\dot{y}$ 表示速度分量, 上标 T 表示转置, 状态转移矩阵

$$\mathbf{F}_{k-1} = \begin{bmatrix} 1 & T & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

其中, $T=1$ 秒表示传感器的采样时间间隔, 传感器对目标观测获得的测量为目标当前的位置, 其观测矩阵 $\mathbf{H}_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$, 观测噪声的

方差矩阵 $\mathbf{R}_j = \begin{bmatrix} 4 & (\text{m}^2) & 0 \\ 0 & & 4 & (\text{m}^2) \end{bmatrix}$; 幸存概率 $p_{sk} = 1.0$, 目标检测概率 $p_{Dk} = 1.0$, $\mathbf{R}_0 = (\text{diag}([45(\text{m}) \ 45(\text{m})]))^2$, 放大因子 $c=3$, 第一阈值取为 0.5, 第二阈值取为 10^{-3} , 第三阈值取为 2m; 实验中, 当前时刻新生目标的狄拉克项有 4 个, 其目标状态值分别为 $[-900(\text{m}), 0(\text{ms}^{-1}), -900(\text{m}), 0(\text{ms}^{-1})]^T$ 、 $[-900(\text{m}), 0(\text{ms}^{-1}), 900(\text{m}), 0(\text{ms}^{-1})]^T$ 、 $[-900(\text{m}), 0(\text{ms}^{-1}), 200(\text{m}), 0(\text{ms}^{-1})]^T$ 和 $[-900(\text{m}), 0(\text{ms}^{-1}), -400(\text{m}), 0(\text{ms}^{-1})]^T$, 4 个新生目标的狄拉克项的权重系数均为 0.1; 在既存在新目标出现又存在已有目标消失、同时目标的过程噪声协方差未知的情况下, 本发明与现有的基于常系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法对图 3 所示的仿真数据 (仿真实验数据有 4 批目标) 处理时 100 次 Monte Carlo 实验得到的平均 OSPA (Optimal Subpattern Assignment, 最优亚模式分配) 距离图 4 所示。从图 4 中可看出, 与现有的基于常系数的 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法相比, 本发明的多目标跟踪精度好于现有方法, 其 OSPA 距离比现有方法得到的 OSPA 距离要小。

权 利 要 求 书

1、一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤 S1：根据前一时刻的目标矩及狄拉克项，预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项，并为当前时刻新生的目标指定相应的目标矩及狄拉克项；

步骤 S2：根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项、当前时刻新生目标的目标矩及狄拉克项以及当前时刻的位置测量确定更新的狄拉克项；

步骤 S3：对更新的狄拉克项进行裁减与合并，得到当前时刻的目标矩及狄拉克项；并将当前时刻的目标矩及狄拉克项作为下一时刻递归的输入；

步骤 S4：根据当前时刻的目标矩及狄拉克项，提取权重系数大于第一阈值的狄拉克项作为当前时刻的输出，并将所输出狄拉克项中的目标状态值为当前时刻一个目标的状态值。

2、根据权利要求 1 所述的一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法，其特征在于，所述步骤 S1 中，以 $k-1$ 表示前一时刻，以 k 表示当前时刻；

前一时刻的狄拉克项为 $(w_{k-1}^i, m_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$ ， $i=1,2,\dots,J_{k-1}$ ，其中， w_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的权重系数， m_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的目标状态值， J_{k-1} 表示前一时刻狄拉克项的数目， i 为索引号，取值为 1 至 J_{k-1} ； t_{k-1}^i 表示第 i 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间；

前一时刻的目标矩为 $p_{k-1}(x) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k-1}^i \delta(x - m_{k-1}^i)$ ，其中， δ 表示狄拉克分布， x 表示目标的状态；

所述步骤 S1 具体包括下述步骤：

根据前一时刻目标矩 $p_{k-1}(x)$ 及狄拉克项 $(w_{k-1}^i, m_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$ ，预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, m_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ ， $i=1,2,\dots,J_{k-1}$ ；其中， $w_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的权重系数， $m_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间，并且 $w_{k|k-1}^i = p_{sk} w_{k-1}^i$ ， $m_{k|k-1}^i = F_{k-1} m_{k-1}^i$ ， $t_{k|k-1}^i = t_{k-1}^i$ ，其中， F_{k-1} 为状态转移矩阵， p_{sk} 为目标幸存的概率；预测的目标矩 $p_{k|k-1}(x)$ 为 $p_{k|k-1}(x) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k|k-1}^i \delta(x - m_{k|k-1}^i)$ ；

指定当前时刻新生目标的狄拉克项为 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ ， $i=1,2,\dots,J_{\text{新}}$ ，新

生目标的目标矩为 $p_{j^*}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{J_{j^*}} w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} \delta(\mathbf{x} - \mathbf{m}_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ ；其中， $w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的权重系数， $\mathbf{m}_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生狄拉克项产生的时间， J_{j^*} 为新生狄拉克项的个数， i 为索引号，并且 $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} = t$ ， t 表示当前时刻的时间。

3、根据权利要求 2 所述的一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法，其特征在于，所述步骤 S2 具体为：

根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, \mathbf{m}_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ 及目标矩 $p_{k|k-1}(\mathbf{x})$ ，以及指定的当前时刻新生目标的目标的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, \mathbf{m}_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ 及目标矩 $p_{j^*}(\mathbf{x})$ ，以及当前时刻的位置测量，利用变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器确定出当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, \mathbf{m}_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$ ， $i=1,2,\dots, J_{k-1}+J_{j^*}$ ， $j=1,2,\dots, n_k+1$ ，其中， $w_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的权重系数、 $\mathbf{m}_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项产生的时间， n_k 为当前时刻位置测量的个数，所述当前时刻的位置测量包含由当前时刻目标产生的位置测量和由当前时刻杂波产生的位置测量， i 和 j 是索引号，并且当 $j \leq n_k$ 时，

$$w_{k|k}^{i,j} = \frac{p_{Dk} w_{k|k-1}^i N(\mathbf{z}_j; \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^i, \mathbf{R}_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^i)} + c^2 \mathbf{R}_j)}{\lambda_c + p_{Dk} \sum_{e=1}^{J_{k-1}+J_{j^*}} w_{k|k-1}^e N(\mathbf{z}_j; \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^e, \mathbf{R}_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^e)} + c^2 \mathbf{R}_j)}$$

$$\mathbf{m}_{k|k}^{i,j} = \mathbf{m}_{k|k-1}^i + \mathbf{K}_i (\mathbf{z}_j - \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^i),$$

$$t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, \text{ 其中, } t \text{ 表示当前时刻的时间, } \mathbf{K}_i \text{ 为增益矩阵, } \mathbf{z}_j \text{ 表示当前时刻 } n_k \text{ 个位置测量中的第 } j \text{ 个位置测量, } \mathbf{H}_k \text{ 为观测矩阵, } \mathbf{R}_j \text{ 为观测噪声的方差矩阵, } c \text{ 为放大因子, } \mathbf{R}_0 \text{ 是为探测新目标而设置的协方差, } p_{Dk} \text{ 为目标检测概率, } \lambda_c \text{ 为当前时刻观测空间中杂波的密度, 当 } j = n_k + 1 \text{ 时, } \mathbf{m}_{k|k}^{i,j} = \mathbf{m}_{k|k-1}^i, \quad t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, \quad w_{k|k}^{i,j} = (1 - p_{Dk}) w_{k|k-1}^i;$$

$$\mathbf{K}_k = \begin{bmatrix} \alpha_k & 0 \\ \beta_k / T & 0 \\ 0 & \alpha_k \\ 0 & \beta_k / T \end{bmatrix};$$

$\mathbf{K}_i$ 取变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的增益矩阵，并且 α_k 和 β_k 是两个时变的系数，并且 $\alpha_k = 0.4 + 0.6e^{-\frac{(t-t_{k|k-1}^i)}{20}}$ ， $\beta_k = 2 - \alpha_k - 2\sqrt{1 - \alpha_k}$ 。

4、根据权利要求 3 所述的一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪方法，其特征在于，所述步骤 S3 具体为：

将当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i=1,2,\dots, J_{k-1} + J_{\gamma k}$, $j=1,2,\dots, n_k + 1$ 表述为 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots, J_{k|k}$; 其中, q 为索引号, 取值为 1 至 $J_{k|k}$, $J_{k|k}$ 为更新的狄拉克项的个数, $w_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的权重, $m_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的目标状态值, $t_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间, 并且 $J_{k|k} = (n_k + 1)(J_{k-1} + J_{\gamma k})$, $q = (J_{k-1} + J_{\gamma k})(j-1) + i$, $w_{k|k}^q = w_{k|k}^{i,j}$, $m_{k|k}^q = m_{k|k}^{i,j}$, $t_{k|k}^q = t_{k|k}^{i,j}$, $i=1,2,\dots, J_{k-1} + J_{\gamma k}$, $j=1,2,\dots, n_k + 1$;

从当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^q, m_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots, J_{k|k}$ 中裁减掉权重系数 $w_{k|k}^i$ 小于第二阈值的狄拉克项;

从裁减后余下的狄拉克项中将距离 d_{ij} 小于第三阈值的狄拉克项合并成一个; 其中, 合并距离 d_{ij} 为 $d_{ij} = \sqrt{(m_{k|k}^i - m_{k|k}^j)^T (m_{k|k}^i - m_{k|k}^j)}$; 多个狄拉克项的合并方法为: $w_k^b = \sum_{i \in L} w_{k|k}^i$, $m_k^b = \frac{1}{w_k^b} \sum_{i \in L} w_{k|k}^i m_{k|k}^i$, 其中, L 为合并狄拉克项上标形成的集合, 上标 T 和 b 分别表示矩阵的转置和合并后狄拉克项的索引号; 合并狄拉克项的时间 t_k^b 取合并前狄拉克项中权重系数最大狄拉克项的时间;

将裁减与合并后的狄拉克项 (w_k^i, m_k^i, t_k^i) , $i=1,\dots, J_k$ 作为当前时刻的狄拉克项, 并将裁减与合并后的狄拉克项的加权和作为当前时刻的目标矩 $p_k(x) = \sum_{i=1}^{J_k} w_k^i \delta(x - m_k^i)$, 其中, J_k 为当前时刻狄拉克项的个数, i 为索引号, 取值为 1 至 J_k 。

5、一种基于变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器的目标跟踪系统, 其特征在于, 包括:

预测模块, 用于根据前一时刻的目标矩及狄拉克项, 预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项, 并为当前时刻新生的目标指定相应的目标矩及狄拉克项;

更新模块, 用于根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的目标矩及狄拉克项、当前时刻新生目标的目标矩及狄拉克项以及当前时刻的位置测量确定更新的狄拉克项;

裁减与合并模块, 用于对更新的狄拉克项进行裁减与合并, 得到当前时刻的目标矩及狄拉克项; 并将当前时刻的目标矩及狄拉克项作为下一时刻递归的输入;

目标状态提取模块, 用于根据当前时刻的目标矩及狄拉克项, 提取权重系数大于第一阈值的狄拉克项作为当前时刻的输出, 并将所输出狄拉克项中的目标状态值为当前时刻一个目标的状态值。

6、根据权利要求 5 所述的一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪系统，其特征在于，在所述预测模块中，以 $k-1$ 表示前一时刻，以 k 表示当前时刻；

前一时刻的狄拉克项为 $(w_{k-1}^i, m_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$ ， $i=1,2,\dots,J_{k-1}$ ，其中， w_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的权重系数， m_{k-1}^i 表示前一时刻第 i 个狄拉克项的目标状态值， J_{k-1} 表示前一时刻狄拉克项的数目， i 为索引号，取值为 1 至 J_{k-1} ； t_{k-1}^i 表示第 i 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间；

前一时刻的目标矩为 $p_{k-1}(x) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k-1}^i \delta(x - m_{k-1}^i)$ ，其中， δ 表示狄拉克分布， x 表示目标的状态；所述预测模块用于根据前一时刻目标矩 $p_{k-1}(x)$ 及狄拉克项 $(w_{k-1}^i, m_{k-1}^i, t_{k-1}^i)$ ，预测前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, m_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ ， $i=1,2,\dots,J_{k-1}$ ；其中， $w_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的权重系数， $m_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k-1}^i$ 表示第 i 个预测的狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间，并且 $w_{k|k-1}^i = p_{sk} w_{k-1}^i$ ， $m_{k|k-1}^i = F_{k-1} m_{k-1}^i$ ， $t_{k|k-1}^i = t_{k-1}^i$ ，其中， F_{k-1} 为状态转移矩阵， p_{sk} 为目标幸存的概率；预测的目标矩 $p_{k|k-1}(x)$ 为 $p_{k|k-1}(x) = \sum_{i=1}^{J_{k-1}} w_{k|k-1}^i \delta(x - m_{k|k-1}^i)$ ；

指定当前时刻新生目标的狄拉克项为 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ ， $i=1,2,\dots,J_{\gamma k}$ ，新生目标的目标矩为 $p_{\gamma k}(x) = \sum_{i=1}^{J_{\gamma k}} w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} \delta(x - m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ ；其中， $w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的权重系数， $m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}$ 表示新生狄拉克项产生的时间， $J_{\gamma k}$ 为新生狄拉克项的个数， i 为索引号，并且 $t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}} = t$ ， t 表示当前时刻的时间。

7、根据权利要求 6 所述的一种基于变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器的目标跟踪系统，其特征在于，所述更新模块用于根据预测的前一时刻已经存在的目标在当前时刻的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^i, m_{k|k-1}^i, t_{k|k-1}^i)$ 及目标矩 $p_{k|k-1}(x)$ ，以及指定的当前时刻新生目标的狄拉克项 $(w_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, m_{k|k-1}^{i+J_{k-1}}, t_{k|k-1}^{i+J_{k-1}})$ 及目标矩 $p_{\gamma k}(x)$ ，以及当前时刻的位置测量，利用变系数 $\alpha-\beta$ 滤波器确定出当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, m_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$ ， $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{\gamma k}$ ， $j=1,2,\dots,n_k+1$ ，其中， $w_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的权重系数， $m_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k}^{i,j}$ 为更新的狄拉克项产生的时间， n_k 为当前时刻位置测量的个数，所述当前时刻的位置测量包含由当前时刻目标产生的位置测量和由当前时刻杂波产生的位置测量， i 和 j 是索引号，并且当 $j \leq n_k$ 时，

$$w_{k|k}^{i,j} = \frac{p_{Dk} w_{k|k-1}^i N(\mathbf{z}_j; \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^i, \mathbf{R}_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^i)} + c^2 \mathbf{R}_j)}{\lambda_c + p_{Dk} \sum_{e=1}^{J_{k-1}+J_{jk}} w_{k|k-1}^e N(\mathbf{z}_j; \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^e, \mathbf{R}_0 e^{-(t-t_{k|k-1}^e)} + c^2 \mathbf{R}_j)},$$

$$\mathbf{m}_{k|k}^{i,j} = \mathbf{m}_{k|k-1}^i + \mathbf{K}_i (\mathbf{z}_j - \mathbf{H}_k \mathbf{m}_{k|k-1}^i),$$

$$t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, \text{ 其中, } t \text{ 表示当前时刻的时间, } \mathbf{K}_i \text{ 为增益矩阵, } \mathbf{z}_j \text{ 表示当前时刻 } n_k \text{ 个位置测量中的第 } j \text{ 个位置测量, } \mathbf{H}_k \text{ 为观测矩阵, } \mathbf{R}_j \text{ 为观测噪声的方差矩阵, } c \text{ 为放大因子, } \mathbf{R}_0 \text{ 是为探测新目标而设置的协方差, } p_{Dk} \text{ 为目标检测概率, } \lambda_c \text{ 为当前时刻观测空间中杂波的密度, 当 } j = n_k + 1 \text{ 时, } \mathbf{m}_{k|k}^{i,j} = \mathbf{m}_{k|k-1}^i, \quad t_{k|k}^{i,j} = t_{k|k-1}^i, \quad w_{k|k}^{i,j} = (1 - p_{Dk}) w_{k|k-1}^i;$$

$$\mathbf{K}_k = \begin{bmatrix} \alpha_k & 0 \\ \beta_k / T & 0 \\ 0 & \alpha_k \\ 0 & \beta_k / T \end{bmatrix}; \text{ 其中, } T \text{ 为当前时刻与前一时刻的时间差, } \alpha_k \text{ 和 } \beta_k \text{ 是两个时变的系数, 并且}$$

$$\alpha_k = 0.4 + 0.6e^{\frac{(t-t_{k|k-1}^i)}{20}}, \quad \beta_k = 2 - \alpha_k - 2\sqrt{1 - \alpha_k}.$$

8、根据权利要求 7 所述的一种基于变系数 $\alpha - \beta$ 滤波器的目标跟踪系统，其特征在于，所述裁减与合并模块用于将当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^{i,j}, \mathbf{m}_{k|k}^{i,j}, t_{k|k}^{i,j})$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{jk}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$ 表述为 $(w_{k|k}^q, \mathbf{m}_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots,J_{k|k}$ ；其中， q 为索引号，取值为 1 至 $J_{k|k}$ ， $J_{k|k}$ 为更新的狄拉克项的个数， $w_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的权重， $\mathbf{m}_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项的目标状态值， $t_{k|k}^q$ 为第 q 个狄拉克项对应的新生狄拉克项产生的时间，并且 $J_{k|k} = (n_k + 1)(J_{k-1} + J_{jk})$, $q = (J_{k-1} + J_{jk})(j-1) + i$, $w_{k|k}^q = w_{k|k}^{i,j}$, $\mathbf{m}_{k|k}^q = \mathbf{m}_{k|k}^{i,j}$, $t_{k|k}^q = t_{k|k}^{i,j}$, $i=1,2,\dots,J_{k-1}+J_{jk}$, $j=1,2,\dots,n_k+1$ ；

从当前时刻更新的狄拉克项 $(w_{k|k}^q, \mathbf{m}_{k|k}^q, t_{k|k}^q)$, $q=1,\dots,J_{k|k}$ 中裁减掉权重系数 $w_{k|k}^i$ 小于第二阈值的狄拉克项；

从裁减后余下的狄拉克项中将距离 d_{ij} 小于第三阈值的狄拉克项合并成一个；其中，合并距离 d_{ij} 为 $d_{ij} = \sqrt{(\mathbf{m}_{k|k}^i - \mathbf{m}_{k|k}^j)^T (\mathbf{m}_{k|k}^i - \mathbf{m}_{k|k}^j)}$ ；多个狄拉克项的合并方

法为： $w_k^b = \sum_{i \in L} w_{k|k}^i$, $\mathbf{m}_k^b = \frac{1}{w_k^b} \sum_{i \in L} w_{k|k}^i \mathbf{m}_{k|k}^i$ ，其中， L 为合并狄拉克项上标形成的集合，上标 T 和 b 分别表示矩阵的转置和合并后狄拉克项的索引号；合并狄拉克项的时间 t_k^b 取合并前狄拉克项中权重系数最大狄拉克项的时间；

将裁减与合并后的狄拉克项 $(w_k^i, \mathbf{m}_k^i, t_k^i)$, $i=1,\dots,J_k$ 作为当前时刻的狄拉克项，并将裁减与合并后的狄拉克项的加权和作为当前时刻的目标矩

$p_k(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{J_k} w_k^i \delta(\mathbf{x} - \mathbf{m}_k^i)$ ，其中， J_k 为当前时刻狄拉克项的个数， i 为索引号，取值为 1 至 J_k 。

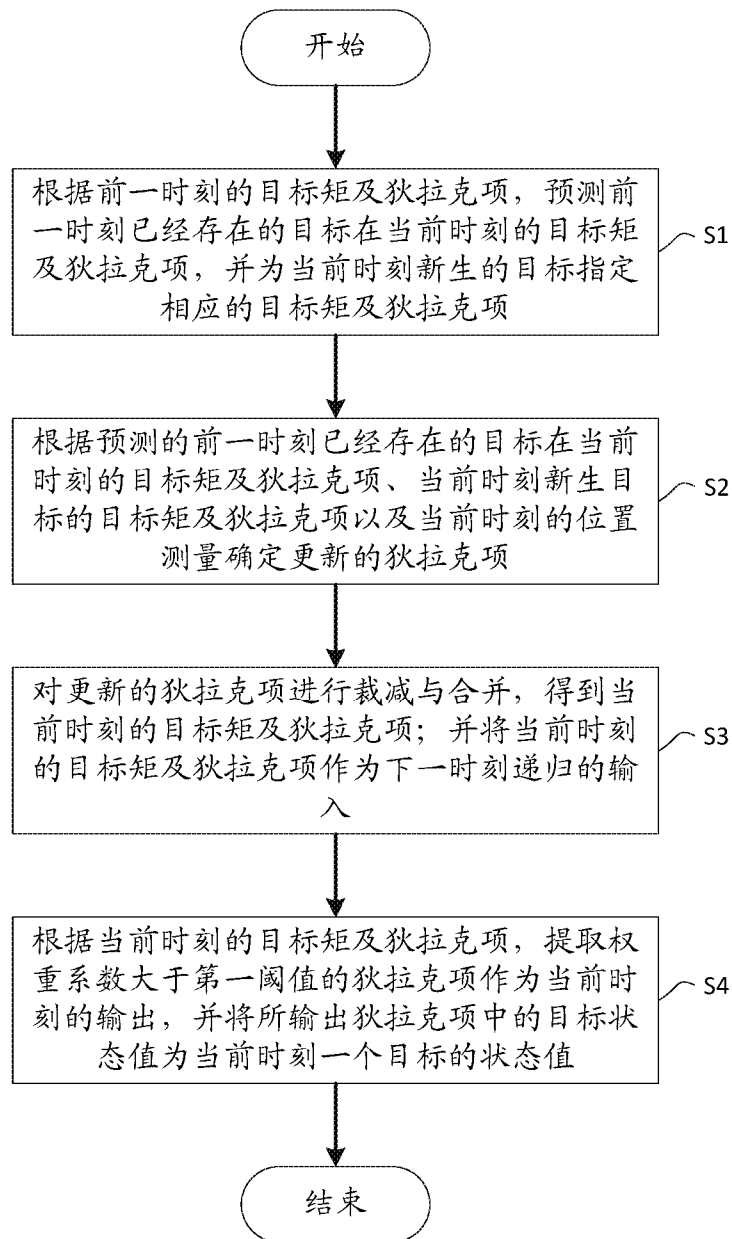


图 1

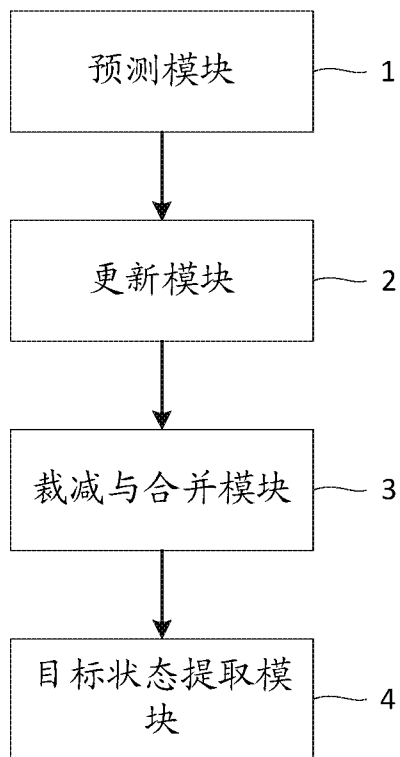


图 2

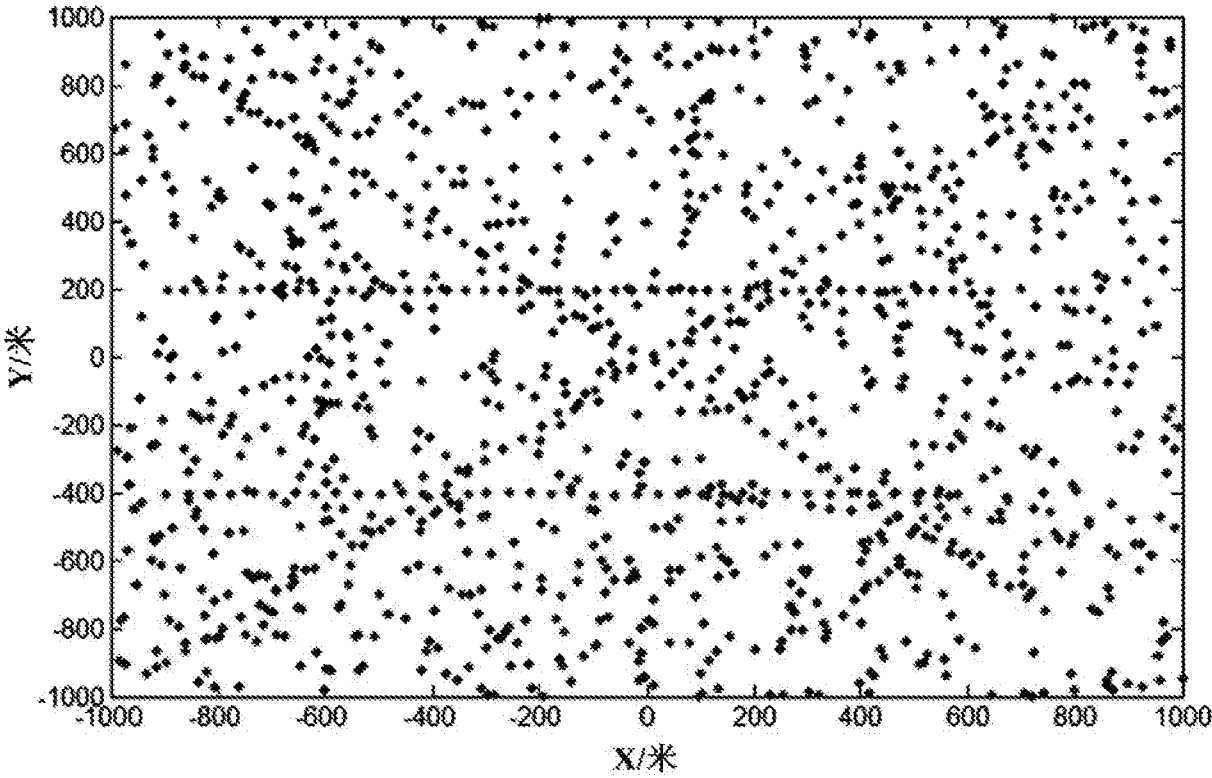


图 3

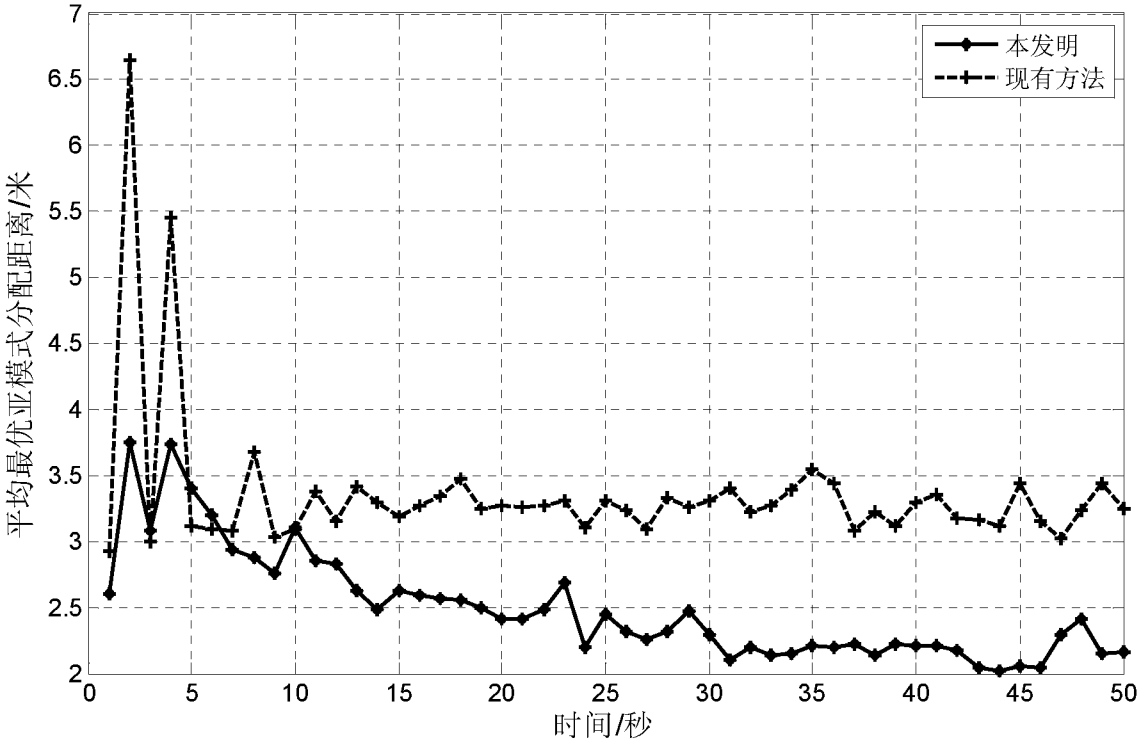


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/078026

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 19/00 (2011.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI; EPODOC; CNPAT; CNKI: dirac item, filter, dirac, target, track+, predict+, weight

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104063615 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 24 September 2014 (24.09.2014), claims 1-8	1-8
X	CN 103390107 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 13 November 2013 (13.11.2013), description, paragraphs [0041]-[0054]	1-2, 5-6
A	CN 103324835 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 25 September 2013 (25.09.2013), the whole document	1-8
A	CN 103679753 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 26 March 2014 (26.03.2014), the whole document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 June 2015 (18.06.2015)	Date of mailing of the international search report 29 July 2015 (29.07.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer ZHUANG, Yong Telephone No.: (86-10) 62414020

International application No.
PCT/CN2015/078026

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/078026

A. 主题的分类

G06F 19/00(2011.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI;EPODOC;CNPAT;CNKI: 滤波器, 狄拉克项, 目标, 跟踪, 预测, 权重, filter, dirac, target, track+, predict+, weight

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104063615 A (深圳大学) 2014年 9月 24日 (2014 - 09 - 24) 权利要求1-8	1-8
X	CN 103390107 A (深圳大学) 2013年 11月 13日 (2013 - 11 - 13) 说明书第[0041]-[0054]段	1-2, 5-6
A	CN 103324835 A (深圳大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 全文	1-8
A	CN 103679753 A (深圳大学) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文	1-8

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 6月 18日

国际检索报告邮寄日期

2015年 7月 29日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

庄湧

电话号码 (86-10)62414020

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/078026

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104063615	A	2014年 9月 24日	无	
CN	103390107	A	2013年 11月 13日	无	
CN	103324835	A	2013年 9月 25日	无	
CN	103679753	A	2014年 3月 26日	无	