

积分离散引导的物联网中离散系统差异数据融合

左延红^{1,2} 张克仁²

(合肥工业大学机械与汽车学院 合肥 230009)¹ (安徽建筑大学机械与电气工程学院 合肥 230601)²

摘 要 研究一种积分离散引导的物联网中离散系统差异数据融合。对物联网中离散型制造系统下各个物联网节点的差异数据进行融合处理是离散型制造系统需要解决的重要问题。在传统的离散型制造系统中,数据采用分布式处理方法,每个节点的数据做单独处理,所以无法融合所有数据的优点,达到较好的全局效率。提出一种积分离散引导的物联网中离散系统差异数据融合,即采用物联网技术将分布式系统下各个离散制造系统的终端数据进行统一收集和综合,然后采用积分离散引导的方法对获取的所有差异化数据进行处理,从而达到所有数据的有效融合。采用一组100节点的6类型数据进行实验,结果显示,采用积分离散引导的物联网中离散系统差异数据融合,数据被很好地融合起来,且数据的谱平均分布,所以算法具有很好的应用价值。

关键词 积分离散引导,物联网,差异化数据融合

中图分类号 TP391 **文献标识码** A

Discrete Data Fusion with Integral Discrete Guidance in Internet of Things

ZUO Yan-hong^{1,2} ZHANG Ke-ren²

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)¹

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)²

Abstract The discrete data fusion with integral discrete guidance in internet of things was researched. The data fusion process in discrete manufacturing system was the first problem that should be solved under various different things node. In traditional discrete based manufacturing system, the data was processed with distributed method, and data of each node was treated alone, so it cannot integrate all the advantages of data to achieve better overall efficiency. The discrete data fusion with integral discrete guidance in internet of things was proposed, the networking technology in distributed system was used for discrete manufacturing system under unified data collection terminals and integrated, and then the method of discrete points was taken out to acquire all the differential data processing, with which the effective integration of all data was achieved. A group of 100 nodes six types of data was taken as target to test the performance, and the experimental result shows that under discrete data fusion with integral discrete guidance, the data is fused well, and the spectral distribution of the data is even, so the algorithm has good application value.

Keywords Integral discrete guidance, Internet of things, Discrete data fusion

1 引言

物联网被世界公认为是继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业第三次浪潮。它是以感知为前提,实现人与人、人与物、物与物全面互联的网络。“物联网”可以定义为:把所有物品通过感知技术与身份识别技术和互联网连接起来^[1-2],进行信息交换和通讯,由此提供基于异构性的互联网基础设施和泛在化的传感器及网络的普适性的数据分析与服务,最终实现数据与物体间的一一映射关系并提供查询接口^[3,4]。

在传统数据处理方法中,文献[5]提出的方法中由于每个离散型制造系统均采用自主数据处理的方法,追求单个节点性能最优化,因此各个节点的数据之间无法有效融合,达到全

局最优化。文献[6]提出的算法改进了单个节点的最优化问题,但数据的差异导致各个离散型制造系统的物联网数据无法实现相互之间的数据交互和数据融合。文献[7]提出的算法实现了相互之间的数据交互和数据融合,但数据差异给数据的有效度带来了严重的制约。文献[8-9]解决了数据差异给数据有效度带来的制约,但算法过程复杂,产生过多冗余信息,很难实现数据融合。文献[10]致力于数据融合的实现,力求形成最优的输出数据,为物联网下的电子物品提供更好的服务,但只提出了初步构想,没有给出具体算法。

针对以上算法的不足,本文提出一种积分离散引导的物联网中离散系统差异数据融合,首先采用物联网技术将分布式系统下各个离散制造系统的终端数据进行统一收集和综合,将所有信息汇总后,采用积分离散引导的方法对所获取的

到稿日期:2013-03-26 返修日期:2013-07-24 本文受国家自然科学基金(71071046/G0110),安徽省自然基金(KJ2013B051)资助。

左延红(1973—),男,博士生,讲师,主要研究领域为机械集成制造系统,E-mail:Zuoyh279@sohu.com;张克仁(1952—),男,教授,硕士生导师,主要研究领域为计算机集成制造系统和工程机械故障诊断。

所有差异化数据进行处理,从而达到所有数据的有效融合。最后采用一组 100 节点的 6 类型数据进行实验,双测试系统性能。

2 积分离散引导算法的提出

积分离散引导算法是一种通过微积分方法将系统网络中的分布式差异化数据进行融合统一处理的算法,采用分布式系统下的积分思想^[11-12],将网络系统中的各种差异数据进行有机的结合,最终实现差异化数据的高效融合。

积分离散引导算法的系统模型定义为:

$$\begin{cases} E(I) = \int_{\Omega} |D^v I| |dx dy| + \frac{\lambda}{2} \|I_0 - I\|_{L_2}^2 \\ I \in BV^v(\Omega) \\ x \in \Omega \\ y \in \Omega \end{cases} \quad (1)$$

其中, $|D^v I| = \sqrt{(D_x^v I)^2 + (D_y^v I)^2}$ 为积分离散引导算法的系统模型; $D_x^v I$ 为积分离散引导算法关于 x 点的积分化导数; $D_y^v I$ 为积分离散引导算法关于 y 点的积分化导数。

为了得到积分离散引导算法在上述方程下的变换解,需要采用积分离散引导算法中的极小化思想处理方法,因此,利用积分离散引导算法的变分法性质构造相应的差异数据引导函数^[13],定义为:

$$\begin{aligned} g(\epsilon) &= E(I + \epsilon\varphi) \\ &= \int_{\Omega} |D^v(I + \epsilon\varphi)| |dx dy| + \frac{\lambda}{2} \|I_0 - I - \epsilon\varphi\|_{L_2}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

其中, ϵ 为任意实数; φ 为任意函数。

利用差异数据引导中泛函极值的基本性质,当 $\varphi \in C_0^\infty(\Omega)$ 且 $g_\epsilon'(0) = 0$ 时,可以得到相应的解算引导方程:

$$\int_{\Omega} \left(\frac{D_x^v I}{|D^v I|} D_x^v \varphi + \frac{D_y^v I}{|D^v I|} D_y^v \varphi \right) dx dy - \lambda \int_{\Omega} (I_0 - I) \varphi dx dy = 0 \quad (3)$$

为了得到最终的差异数据引导模型,需要消除任意函数 φ ^[14,15]。因此,采用积分离散引导的差异数据引导模型中的恒等公式:

$$\int_{\Omega} f g dx dy = \frac{\lambda}{2\pi} \int_{\Omega} \hat{f} \hat{\bar{g}} d\omega_1 d\omega_2 = 0 \quad (4)$$

对积分离散引导的差异数据融合算法进行处理,可得:

$$\frac{\lambda}{2\pi} \int_{\Omega} \left(D_x^v \varphi \frac{\hat{D_x^v I}}{|D^v I|} + D_y^v \varphi \frac{\hat{D_y^v I}}{|D^v I|} \right) d\omega_1 d\omega_2 - \frac{\lambda^2}{2\pi} \int_{\Omega} \hat{\varphi} (\hat{I}_0 - \hat{I}) d\omega_1 d\omega_2 = 0 \quad (5)$$

根据积分离散引导的差异数据融合算法的变换的性质有:

$$D_x^v \varphi = (j2\pi\omega_1)^v \hat{\varphi}, D_y^v \varphi = (j2\pi\omega_2)^v \hat{\varphi} \quad (6)$$

将式(6)代入式(5)并消除系数可以得出:

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} \left((j2\pi\omega_1)^v \hat{\varphi} \frac{\hat{D_x^v I}}{|D^v I|} + (j2\pi\omega_2)^v \hat{\varphi} \frac{\hat{D_y^v I}}{|D^v I|} \right) d\omega_1 d\omega_2 - \lambda \int_{\Omega} \hat{\varphi} (\hat{I}_0 - \hat{I}) d\omega_1 d\omega_2 = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

又因为积分离散引导的差异数据融合算法中函数 φ 的任意性,利用差异数据融合算法变分法的基本引理可得出:

$$(j2\pi\omega_1)^v \frac{\hat{D_x^v I}}{|D^v I|} + (j2\pi\omega_2)^v \frac{\hat{D_y^v I}}{|D^v I|} - \lambda(\hat{I}_0 - \hat{I}) = 0 \quad (8)$$

利用积分离散引导的差异数据融合算法的逆变换可以得出相应的差异数据融合算法的偏微分方程为:

$$\text{Re} \left\{ \left[\frac{D_x^v I}{|D^v I|} + \frac{D_y^v I}{|D^v I|} \right] \right\} - \lambda(\hat{I}_0 - \hat{I}) = 0 \quad (9)$$

最后利用差异数据融合算法的梯度下降法,引入时间变量 t ,可以得到基于积分离散引导的差异数据融合算法的模型:

$$\frac{\partial I}{\partial t} = -\text{Re} \left\{ \left[\frac{D_x^v I}{|D^v I|} + \frac{D_y^v I}{|D^v I|} \right] \right\} + \lambda(\hat{I}_0 - \hat{I}) = 0 \quad (10)$$

则积分离散引导的差异数据融合算法在每个方向的差异融合定义为:

$$\begin{aligned} D_x I(x, y) &= I(x, y) - I(x-1, y) \\ &= \frac{1}{\sqrt{N}} I(\omega_1, \omega_2) (1 - e^{j2\pi\omega_1/N}) e^{j2\pi(\omega_1 + y\omega_2)/N} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} D_y I(x, y) &= I(x, y) - I(x, y-1) \\ &= \frac{1}{\sqrt{N}} I(\omega_1, \omega_2) (1 - e^{j2\pi\omega_2/N}) e^{j2\pi(\omega_1 + y\omega_2)/N} \end{aligned} \quad (12)$$

因此,根据积分离散引导的差异数据融合算法的性质,一阶差分的空域与频域的表达式对应关系定义为:

$$\begin{aligned} D_x I(x, y) &\leftrightarrow (1 - e^{-j2\pi\omega_1/N}) I(\omega_1, \omega_2) \\ D_y I(x, y) &\leftrightarrow (1 - e^{-j2\pi\omega_2/N}) I(\omega_1, \omega_2) \end{aligned} \quad (13)$$

同理可知积分离散引导的差异数据融合算法的空域与频域的表达式对应关系为:

$$\begin{aligned} D_x^n I(x, y) &\leftrightarrow (1 - e^{-j2\pi\omega_1/N})^n I(\omega_1, \omega_2) \\ D_y^n I(x, y) &\leftrightarrow (1 - e^{-j2\pi\omega_2/N})^n I(\omega_1, \omega_2) \end{aligned} \quad (14)$$

由积分离散引导的差异数据融合算法变换的基本性质可知,将整数阶次 n 推广到分数阶次 v ,即可得到基于积分离散引导的差异数据融合算法的数值计算公式:

$$\begin{aligned} D_x^v I(x, y) &\leftrightarrow (1 - e^{-j2\pi\omega_1/N})^v I(\omega_1, \omega_2) \\ D_y^v I(x, y) &\leftrightarrow (1 - e^{-j2\pi\omega_2/N})^v I(\omega_1, \omega_2) \end{aligned} \quad (15)$$

这样,由积分离散引导的差异数据融合算法可以得到微分算子的共轭算子:

$$\begin{aligned} \overline{D_x^v I(x, y)} &\leftrightarrow \overline{(1 - e^{-j2\pi\omega_1/N})^v I(\omega_1, \omega_2)} \\ \overline{D_y^v I(x, y)} &\leftrightarrow \overline{(1 - e^{-j2\pi\omega_2/N})^v I(\omega_1, \omega_2)} \end{aligned} \quad (16)$$

已知有差异数据 $I(x, y)$, $(x, y) \in \Omega$, 并且假设差异数据 $I(x, y)$ 在 X 和 Y 轴方向相互独立,因此只考虑 X 轴方向的差异数据 $I(x, \cdot)$ 的分数阶微分数值计算。由分数阶微积分的 G-L 定义可知,差异数据 $I(x, \cdot)$ 的分数阶微分为:

$$\begin{aligned} {}^c D_t^v I(x, \cdot) &= \left(\frac{1}{h} \right) \sum_{j=1}^{N-1} (-1)^j \frac{\Gamma(v+1)}{\Gamma(j+1)\Gamma(v-j+1)} \\ &\quad I(x-j, h) \end{aligned} \quad (17)$$

综上所述,采用积分离散引导的差异数据融合算法,分别对原始的差异数据在不同的方向进行融合,形成新的融合输出数据,从而大大提高离散型制造系统中不同传感器节点不

同数据之间的差异性。

积分离散引导的差异数据融合算法的流程图如图 1 所示。从图 1 可以看出,采用积分离散引导的差异数据融合算法,首先需要将所有数据进行整合,然后对所有数据的差异性进行评判,在此基础上,采用积分方法对差异数据进行处理,并且对差异数据进行融合,最后依据数据融合效果的好坏判定系统算法是否结束。

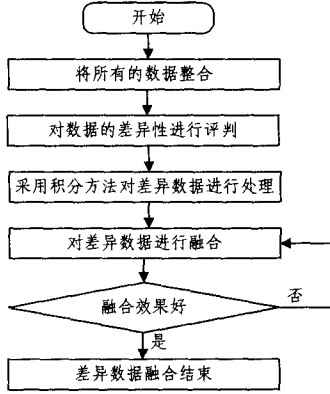


图 1 积分离散引导的差异数据融合算法流程图

3 基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合

3.1 物联网技术

物联网技术是一种现代化的集信号采集检测、智能控制和资源信息共享和寄存管理等功能为一体的网络技术。物联网技术的基本特征主要体现在以下几个方面:

(1)全面感知,通过传感器、检测仪、二维码甚至是换能器进行信号检测和感知,为智能分析和网络资源共享提供前提条件;

(2)可靠传递,通过物联网技术平台的搭建以及与互联网的融合,实现参数信息的传递和信息资源的共享以及实时处理;

(3)智能处理,通过现代信号与信息处理技术,比如数据挖掘技术、云处理技术以及神经网络系统技术、模式识别技术能对海量数据进行信息处理和分析,提取有用信息,实行面向对象的操作和控制,最终达到用户的目的。

3.2 基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合

基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合系统目标函数定义为:

$${}_a^G D_t^\nu I(x) = \sum_{j=1}^{N-1} (-1)^j \binom{\nu}{j} I(x-j) \quad (18)$$

假设差异化数据融合函数 $C^{\nu(x)}$ 满足:

$$C^{\nu(x)} = \begin{cases} (-1)^x \binom{\nu}{x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (19)$$

因此,可以将差异化数据融合的系统表示为:

$${}_a^G D_t^\nu I(x) = C^{\nu(x)} * I(x) \quad (20)$$

于是,采用差异化数据融合的 $BV^\nu(\Omega)$ 空间的函数,可得到基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合为:

$$E(I) = \int_{\Omega} |c^{\nu} * I| dx dy + \frac{\lambda}{2} \|I_0 - I\|_{L_2}^2 \quad (21)$$

其中:

$$\begin{cases} |c^{\nu} * I| = \sqrt{(c^{\nu} * I)_x^2 + (c^{\nu} * I)_y^2} \\ (c^{\nu} * I)_x = \int_{\Omega} c^{\nu(x)} I(x-z, y) dz \\ (c^{\nu} * I)_y = \int_{\Omega} c^{\nu(y)} I(x, y-z) dz \end{cases} \quad (22)$$

为了得到差异化数据的表达式,与上节假设一样,仍然假设任意函数 ϕ ,从而构造函数,使其满足下式:

$$g(\epsilon) = E(I + \epsilon\phi) = \int_{\Omega} |c^{\nu}(I + \epsilon\phi)| dx dy + \frac{\lambda}{2} \|I_0 - I - \epsilon\phi\|_{L_2}^2 \quad (23)$$

仍然利用泛函极值的基本性质,令 $g'(0) = 0$,可得到:

$$\int_{\Omega} \frac{(c^{\nu} * I)_x (c^{\nu} * \phi)_x + (c^{\nu} * I)_y (c^{\nu} * \phi)_y}{|c^{\nu} * I|} dx dy - \int_{\Omega} (I_0 - I) \phi dx dy = 0 \quad (24)$$

因为当系统中的差异化数据 $(x, y) \notin R$ 时, $I(x, y) = 0$,所以当 $\Omega \rightarrow R^2$ 时,可以得到:

$$\int_{R^2} f g dx dy = \int_{R^2} \hat{f} \hat{g} d\omega_1 d\omega_2 \quad (25)$$

根据差异化数据等式可得到基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合系统目标函数最终变换形式为:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi} \int_{\Omega} \left(\frac{(c^{\nu} * I)_x}{|c^{\nu} * I|} \right) (c^{\nu} * \phi)_x d\omega_1 d\omega_2 + \\ & \frac{1}{2\pi} \int_{\Omega} \left(\frac{(c^{\nu} * I)_y}{|c^{\nu} * I|} \right) (c^{\nu} * \phi)_y d\omega_1 d\omega_2 - \\ & \lambda \frac{1}{2\pi} \int_{\Omega} (\hat{I}_0 - \hat{I}) \phi d\omega_1 d\omega_2 = 0 \end{aligned} \quad (26)$$

通过上面的系统描述参数,基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合算法能够在物联网系统中不断地搜集数据信息,将差异化数据的差异进行融合处理。

4 系统实验与结果分析

4.1 实验环境描述

实验进行的硬件设备是 Dell 品牌机,软件环境为 Intel Pentium E2180@4GHz CPU/2.00 GB/Windows 7。为了测试基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合算法的性能优劣,运用 Matlab 仿真软件,搭建实验环境。

为了测试基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合算法的性能优劣,采用一组 100 节点的随机差异数据进行系统实验,详细的实验参数见表 1。

表 1 实验参数描述

项目	参数描述
差异数据节点数	100
差异数据种类个数	6
差异数据分布类型	随机分布差异
差异公差	设定范围内,标准差 1
差异处理方式	平等差异对待

4.2 结果分析

在表 1 所构建的系统实验环境下进行系统实验,原始数据的分布如图 2 所示。

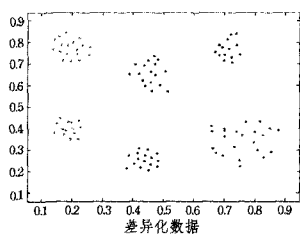


图2 原始差异化数据

从图2可以看出,原始状态下,各个离散化制造系统的数据呈现个体结合的特性,在同一规则下体现出很强的聚类性。

采用基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合算法对上述数据进行处理,结果如图3所示。

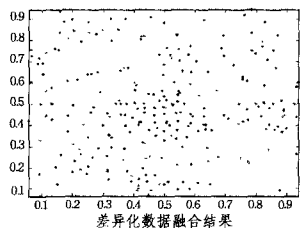


图3 基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合结果

通过图2与图3的对比可以看出,原始数据由于设备的差异化、来源的差异化等问题,数据具有很明显的分区特性,采用基于积分离散引导的物联网下差异化数据融合算法对数据进行处理后,数据的分布特征更加随机。数据谱特征表征数据间特征的分布特性,差异化数据融合前后的数据谱图如图4所示。

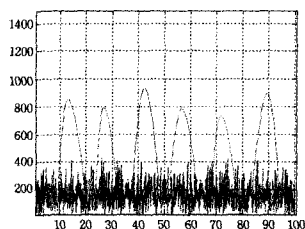


图4 差异化数据融合前后的数据谱图比较

从图4可以看出,原始数据的谱特征呈现6个峰并出的情形,这是因为原始的数据分布较为规律,所以数据谱峰特性很强。经过数据的差异化融合算法处理后,数据的谱变成均匀分布的随机谱,这表明数据之间的差异性被融合掉了。

结束语 研究了一种积分离散引导的物联网中离散系统差异数据融合。针对物联网技术下,各个离散型制造系统所产生的数据均采用分布式处理方法,每个节点的数据需做单独处理,追求单个节点性能最优而不考虑系统全局最优,无法融合所有数据的优点,达到较好的全局效率的问题,提出了一种积分离散引导的物联网中离散系统差异数据融合,即在数据的输入端,采用物联网技术将分布式系统下各个离散制造系统的终端数据进行统一收集和综合,然后将所有数据作为研究对象进行统一处理,接着采用积分离散引导的方法对所

获取的所有差异化数据进行处理,将所有数据进行整合,对所有数据的差异性进行评判,采用积分方法对差异数据进行处理,并且对差异数据进行融合,从而达到所有数据的有效融合。其最后采用一组100节点的6类型数据进行实验,结果显示,采用积分离散引导的物联网中离散系统差异数据融合,数据被很好地融合起来,且数据的谱平均分布,所以算法具有很好的应用价值。

参考文献

- [1] 贺国祥. 物联网技术在石油装备制造业中的应用[J]. 科技通报, 2013, 29(4): 193-195
- [2] 张峰, 张晓鹏, 吴高成. 基于物联网的机场集成行李处理系统及其应用研究[J]. 计算机应用研究, 2010(10): 3771-3774
- [3] Ding J L, Chen Z Q, Yuan Z Z. On the combination of genetic algorithm and ant algorithm[J]. Journal of Computer Research and Development, 2003, 40(9): 1351-1356
- [4] 刘秀菊. 基于嵌入式系统物联网的智能监测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(9): 2375-2378
- [5] He R, Wang Y J, Wang Q, et al. An improved particle swarm optimization based on self-adaptive escape velocity[J]. Journal of Software, 2005, 16(12): 2036-2044
- [6] Trelea I C. The particle swarm optimization algorithm: Convergence analysis and parameter selection[J]. Information Processing Letters, 2003, 85(6): 317-325
- [7] Stutzle T, Hoos H H. MAX-MIN ant system[J]. Future Generation Computer System, 2000, 16(8): 889-914
- [8] Lin D, Li M Q, Kou J S. A GA-based method for solving constrained optimization problems[J]. Journal of Software, 2001, 12(4): 628-632
- [9] 吴建平, 林嵩, 徐恪, 等. 可演进的新一代互联网体系结构研究进展[J]. 计算机学报, 2012, 6(4): 203-212
- [10] 丁治明, 高需. 面向物联网海量传感器采样数据管理的数据库集群系统框架[J]. 计算机学报, 2012, 16(21): 213-229
- [11] 沈国华, 张伟, 黄志球, 等. 基于描述逻辑的特征语义建模及验证[J]. 计算机研究与发展, 2012, 16(4): 1501-1512
- [12] Yin Guo-fu. Research on The CORBA Standard-Based Distributed Radiation Source and Platform Identification Data Fusion[J]. JDCTA(J), 2013, 7(2): 518-524
- [13] 李慧贤, 陈绪宝, 巨龙飞, 等. 改进的多接收者签密方案[J]. 计算机研究与发展, 2013, 7(10): 1418-1425
- [14] Liu Xue-xia. Application Research of The Fault Diagnosis Based on Backward Reasoning of Fuzzy Petri net[J]. JDCTA(J), 2013, 7(2): 549-557
- [15] 胡永利, 孙艳丰, 尹宝才, 等. 物联网信息感知与交互技术[J]. 计算机学报, 2012, 8(4): 213-229
- [16] 李梦源, 刘宴兵, 尚云鹏. 云计算下用户行为特征的服务选择策略[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2013, 25(5): 639-643