

# 基于混沌纠错机制的 WSN 网络数据精确融合算法

赵 晨

(陕西交通职业技术学院 西安 710018)

**摘 要:**为解决当前 WSN 网络数据精确融合算法存在的数据融合困难,融合精度差且网络数据融合稳定性时间较低等难题,提出了一种基于混沌纠错机制的 WSN 网络数据精确融合算法。采用误差累计阈值控制方式,在精确取得数据融合带宽及融合误差的同时,能够精准的对数据传输过程中的抖动性进行预测;随后,采用追溯机制对数据融合过程中的融合带宽精度进行了实时追踪及更新,有效降低了数据融合过程中存在的实时融合困难等问题。仿真实验表明:与当前高维映射一体化融合算法(fusion algorithm of high dimensional mapping, FHDMD)相比,本算法具有更低的数据融合误差,以及更高的网络数据稳定融合时间。

**关键词:**无线传感器网络;数据融合;累计误差;融合带宽;实时追踪

**中图分类号:** TP393.04 TN 929.5 **文献标识码:**A **国家标准学科分类代码:** 520.3040

## Data fusion algorithm of WSN network based on chaotic error correcting mechanism

Zhao Chen

(Shaanxi Communication Vocational and Technical College, Xi'an 710018, China)

**Abstract:** In order to solve the current WSN network data fusion algorithm are difficult data fusion and fusion accuracy and lower time network data fusion problem, this paper proposes a precise integration algorithm of chaotic data error correction mechanism based on WSN network. The cumulative error threshold control method in accurately obtained data fusion bandwidth and also fusion error, can accurately predict the jitter in the data transmission process; followed by the way back on the fusion bandwidth accuracy of the data fusion process for real-time tracking and updating, effectively reducing the present algorithm in data fusion in the process of real-time fusion problem. Simulation results show that the high dimensional map integration often used with the current fusion algorithm, this algorithm has low error data fusion and network data fusion time of higher stability and other significant advantages, has high practical value.

**Keywords:** wireless sensor network; data fusion; accumulative error; fusion bandwidth; real-time tracking

### 1 引 言

随着新一代无线通信技术的不断发展及云式部署及应用设计在无线传感器中的广泛使用,各种无线传感数据的维度及复杂度也得到了显著的提高<sup>[1]</sup>。人们在经济实践中可以将廉价无线传感设备部署在极端环境,如自然灾害波及区域、交战地带等方式,并将这些廉价无线传感设备进行组网,可以在减少成本的前提下高效地获取继续的应用数据<sup>[2]</sup>。另外,随着云技术的不断推进实施,实践中亦可将传统无线传感网进行云式组网,用于犯罪现场追踪、医疗数据获取、远程计费计量等领域,显著增强工业 2.0 在生活实践中的应用,且通过数据精确融合算法,实

现对整个生产生活的信息化改造<sup>[3]</sup>。如王文吉等人<sup>[4]</sup>提出了一种基于数据传输量累计误差机制的数据精确融合算法,采取累计分支的方式实现数据精确融合,能够在节点较为稀疏的情况下进行数据融合过程;然而该算法对数据密集状态考虑不足,当节点处于密集状态时,将由于节点数据出现耦合状态,导致数据传输出现受阻现象;Zhang 等人<sup>[5]</sup>提出了一种基于分区自选机制的数据融合算法,通过将同类型数据进行区间预融合的方式,实现对数据的有效融合;然而该算法由于数据分区需要采用一定的方式动态进行,一旦数据处于分区状态时,将由于传输中断导致数据融合过程受阻,导致出现融合异常的现象;邬厚民等人<sup>[6]</sup>提出了一种基于混沌验证机制的数据融合算法,通过

构造随机验证融合码源矩阵的方式,能够实现数据在信源-信道交互过程中的数据深度融合,然而该算法需要不断对传输信道的抖动性进行验证,导致算法的融合性能受到极大的影响。

鉴于当前研究的不足,提出了一种基于混沌纠错机制的WSN网络数据精确融合算法。采取误差累计阈值控制方式,对数据融合成本进行误差控制,减少数据融合过程中的数据鲁棒性开销;随后通过对误差进行统计分析,建立误差精度提升流程,进一步地提高了数据融合的精度;最后采用NS2仿真实验环境证实了本文算法的优越性。

## 2 WSN网络数据精确融合算法

本文算法由如下的两个流程构成:基于混沌纠错机制的误差累计阈值控制方式和误差精度提升,如图1所示。首先对数据融合带宽进行误差强度累计统计,再完成对网络拓扑结构的整体递归过程之后,按误差累计强度进行数据精确融合。

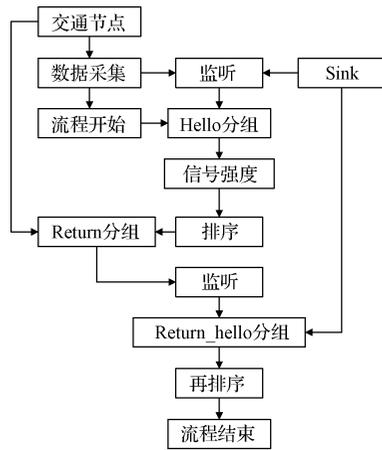


图1 本文算法流程

### 2.1 基于混沌纠错机制的误差累计阈值控制

考虑到整个节点强度值的误差累计过程需要考虑节点的信号强度<sup>[7]</sup>,据此可以根据节点能量的阈值情况判断数据融合过程中的误差累计,如图2所示。不妨设第*i*个节点进行数据融合过程中的数据带宽为*B<sub>i</sub>*,与该节点具有数据传输关系的任意节点的融合数据带宽为*B<sub>ij</sub>*,则两者之间关系可由如下模型所唯一的决定:

$$B_i = \sum B_{ij} + R^2 P_{rev} + R^3 P_{sent} \quad (1)$$

融合数据带宽误差*B'<sub>i</sub>*满足:

$$B'_i = \sum B_{ij} + RP_{rev} + RP_{sent} \quad (2)$$

由式(1)、(2)能够精确的获取各个节点在数据融合过程中所需的最小带宽,其中由式(2)能够取得数据融合过程中的带宽误差;然而由于式(1)、(2)中的融合数据带宽需要通过递归方式逐点获取,因此需要在上述模型基础上进行误差累计阈值控制,以便能够降低数据融合过程中对

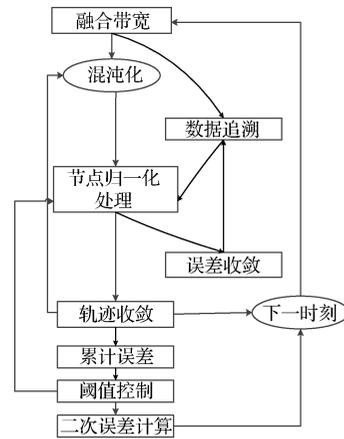


图2 混沌纠错机制

节点信息的统计。

按式(1)所示,计算全部的节点在进行数据融合过程中的数据带宽,按节点进行归一化处理可得平均融合带宽*B(e)*为:

$$B(e) = \sum \mu'(B) + R^2 P_{rev} + R^3 P_{sent} \quad (3)$$

由于在上述数据融合过程中,最终节点将因数据融合过程的完成而导致能量耗尽,因此式(3)将收敛为:

$$B(e) = \sum \mu'(B) \quad (4)$$

考虑到收敛过程将按数据融合轨迹进行收敛,随着融合带宽的增加,式(4)将变为:

$$B(e) = \prod \mu'(B) \quad (5)$$

显然可以通过线积分的方式求解式(5)的最值,结合式(1)、(2)、(5)可得融合数据带宽为*B<sub>ij</sub>*及融合数据带宽误差*B'<sub>i</sub>*满足:

$$B_i = \mu'(B) \prod \gamma_{ij} + R^2 BP_{rev} + R^3 P_{sent} \sum_{i,j} \mu'(B) \prod B_{ij} \quad (6)$$

$$B'_i = \mu(B) \prod B_i + BP_{rev} + P_{sent} \sum_{i,j} \mu'(B) \prod B_{ij} \quad (7)$$

### 2.2 误差精度提升方法

由于数据融合过程中,融合节点与周围节点的数据融合带宽成为主要的融合成本,因此对于某个节点而言,一旦其数据融合带宽处于较高数值,说明融合效率较高且数据融合精度也将处于较好的水平<sup>[9]</sup>。考虑到节点融合过程中需要考虑融合链路的稳定性能,因此需要采取一定的方式对链路进行有效稳定,以便提高误差精度<sup>[10]</sup>。

不妨设待进行数据融合的节点为*i*,该节点与周围节点进行数据交换的链路条数为*λ<sub>i</sub>*,则满足如下表达式:

$$\lambda_i = \sum_{j \in i} v_{ij} \quad (8)$$

式中:*v*为与*i*相邻的融合链路数量,显然该数量越多,则*λ<sub>i</sub>*的权值越大。

设初始融合带宽为*B<sub>ij</sub>*,则满足:

$$B_{ij} = \lambda_i \frac{P_{sent} + R^3 P_{recv}}{R^3 P_{recv}} \quad (9)$$

相关参数同式(1)、(2)。

首先通过式(9)对整个网络中节点进行递归计算, 优先选取初始融合带宽最好的一批节点作为基准节点, 然后根据剩余节点的初始融合带宽进行排序, 获取融合阈值  $B(r)$  如下:

$$B(r) = \frac{P_r}{(1-T/r)PC - P_r} B_{ij} \quad (10)$$

式中:  $T$  为更新周期,  $r$  为数据融合最大周期数,  $PC$  为下一个时刻正常进行数据融合的概率,  $P_r$  为当前节点数据融合无产,  $B_{ij}$  定义同式(9)。

则节点  $i$  在经过  $r$  轮数据融合之后的融合带宽  $\overline{B}_{ij}$  满足如下表达式:

$$\overline{B}_{ij} = B_{ij} \frac{E(r)}{E(r-1)} \quad (11)$$

相应的  $B_{ij}$  也需要进行修正, 其相应的表达式如下:

$$B_{ij} = B(k) \lambda_i \frac{P_{sent} + R^3 P_{recv}}{R^3 P_{recv}} \quad (12)$$

综合式(6)、(7)可得数据融合误差  $\mu_i$  为:

$$\mu_i = \frac{B_{ij} \frac{E(r)}{E(r-1)}}{E(k) \lambda_i \frac{P_{sent} + R^3 P_{recv}}{R^3 P_{recv}}} \quad (13)$$

显然由式(13)可知, 随着融合周期的不断增大, 数据融合精度也将随之上升。

### 3 仿真实验

为证明本文算法的有效性, 于与当前常用的高维映射一体化融合算法(fusion algorithm of high dimensional mapping, FHDM)<sup>[11]</sup>进行对比, 采用 NS2 仿真实验平台对融合误差率、稳定融合时间进行对比, 相关仿真参数如表 1 所示。

表 1 仿真参数表

参数	数值
区域布洒面积	48 000 m×64 000 m
数据仿真时间/min	7 200
子区域数量	<512
节点布设方式	随机分布
节点缓存大小/kB	104
节点射频信号发射周期/s	1 024
节点初始能量/J	>4 J/dB

#### 1) 融合误差率

图 3 所示显示了本文算法与 FHDM 算法在节点初始能量不断增大时的融合误差率测试结果。由图可知, 本文算法的融合误差率始终低于 FHDM 算法, 当初始节点能量为 20 J/dB 时, 本文算法的误差率仅有 2.38%, 而 FHDM 算法高达 3.41%; 尤其是在高的节点能量下, 本文算法的误差率仅有 3.26%, 而 FHDM 算法高达 5.32%。

这是由于本文采取基于混沌纠错机制, 能够有效降低单个节点的数据融合误差, 且采用基于追踪的误差精度提升方式, 有效缩减下一时刻数据融合过程中的所需带宽; 而 FHDM 算法仅通过散射机制进行数据融合, 当节点数据处于拥塞状态时, 将增加了数据融合成本, 因而该算法数据融合误差率要高于本文算法。此外, 考虑到随着节点初始能量水平进一步提高, 网络中数据总量也随之增大, 由于本文算法能够采取追踪方式, 对网络中错误数据分组进行实时追踪, 并采取精度提升方式对融合数据进行过滤, 因而在节点初始能量水平增大时, 降低融合误差率。

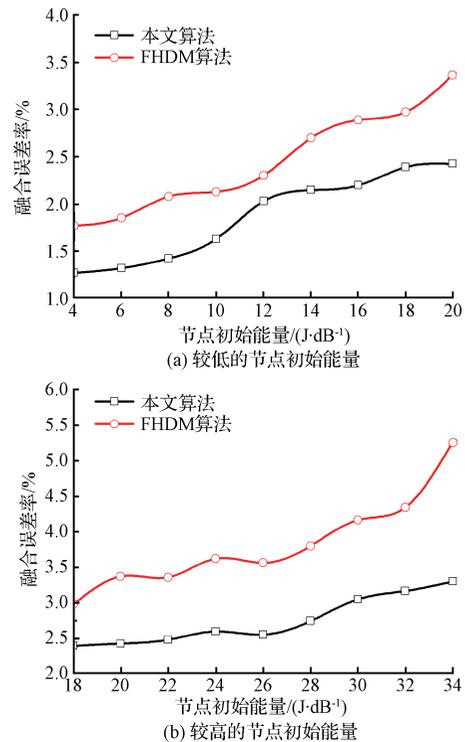


图 3 两种算法的融合误差率测试结果

#### 2) 稳定融合时间

图 4 所示显示了本文算法与 FHDM 算法在节点初始能量不断增大时的稳定融合时间测试结果。由图可知, 本文算法的数据稳定融合时间始终要高于对照组算法, 这是由于本文使用的纠错方式, 能够减少数据融合过程中融合链路因数据抖动而发生拥塞现象; 且采用递归方式实现了对传输链路的有效消除; 而对照组算法由于采用简单融合机制, 仅选取当前最佳链路进行数据传输, 一旦该链路发生抖动, 则整个数据融合过程将处于受阻状态, 因而数据稳定融合时间要低于本文算法。此外, 由于本文算法在节点初始能量较高时, 能够有效地削减因数据传输功率较大而带来的拥塞控制问题, 提高了数据传输过程中的稳定性能, 进而提高了稳定融合时间, 因而在该性能上本文算法具有明显的优势。

#### 3) 数据实际传输抖动测试

图 5(a)、(b)所示分别为高混沌无线传感网条件下的信源数据图像及数据经过传输过程后的接收图像, 图 5(c)

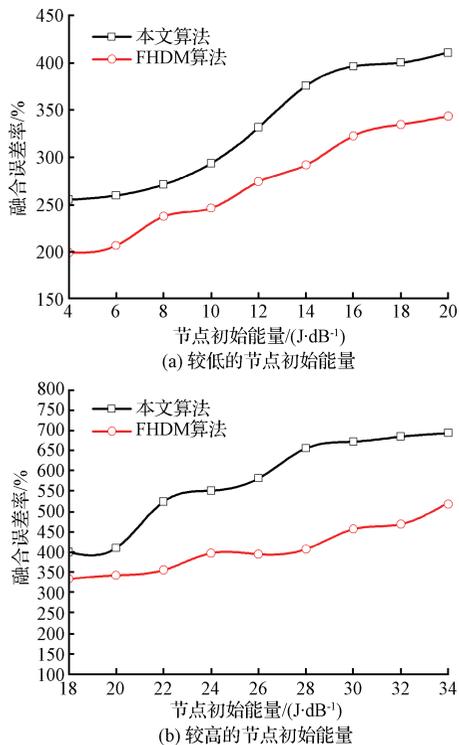


图4 两种算法的稳定融合时间测试结果

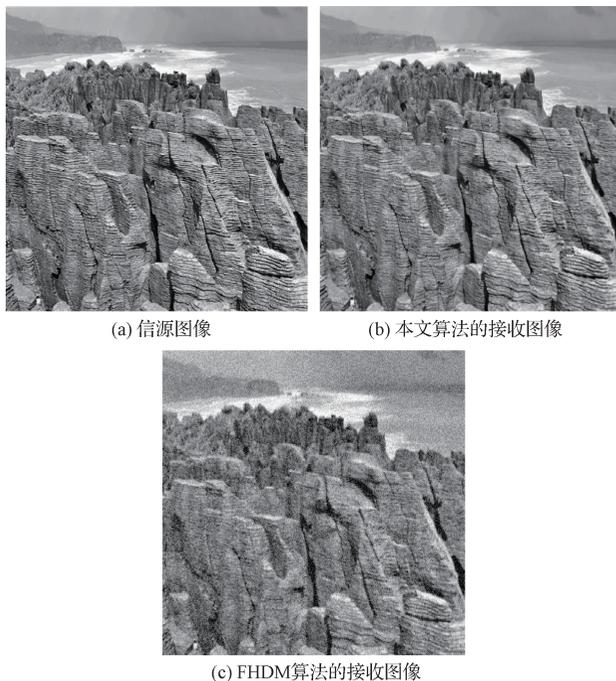


图5 两种算法的数据实际传输抖动测试

为FHDM算法获取的接收图像;由图可知,本文算法传输过程后,图像融合的契合度很高,表明本文算法采用的追踪方式能够有效的消除融合过程中的传输抖动现象,具有较好的实践意义。

#### 4 结论

为改善当前无线传感网数据融合算法存在融合精度较

低,传输带宽成本高且稳定融合时间较低等难题,本文提出了一种基于混沌纠错机制的WSN网络数据精确融合算法。采用误差累计的方式提高了算法对数据融合抖动现象的适应能力,且采取基于追踪的精度提升方式,进一步降低了融合过程中的融合误差,数据融合效率有了明显的提高。

下一步,将基于超欧里几何的数据融合方式,将数据追踪参数进行多元化映射,改善信道数据传输特性,实现数据传输链路的正交性能,进一步提高数据融合的鲁棒性,优化本文算法的适用性能。

#### 参考文献

- [1] 石欣, 印爱民, 张琦. 基于K最近邻分类的无线传感器网络定位算法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(10): 2238-2247.
- [2] 孙斌, 金心宇. 压缩感知在无线传感器网络目标跟踪中的应用[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(5): 463-468.
- [3] 周海洋, 余剑. 无线传感器网络中基于RSSI的测距研究[J]. 电子测量技术, 2014, 37(1): 89-91.
- [4] 王文吉. 基于能量因素的无线传感网络关键节点融合算法[J]. 电子与信息学报, 2014, 36(7): 1728-1734.
- [5] ZHANG X. Identifying influential nodes in complex networks with community structure[J]. Knowledge-Based Systems, 2013, 42(13): 74-84.
- [6] 邬厚民. 无线传感网络中能量和距离改良的节点融合算法[J]. 中国测试, 2012, 38(5): 62-66.
- [7] 张素芹. 多雷达信息融合仿真平台的构建与设计[J]. 国外电子测量技术, 2010, 29(4): 71-73.
- [8] CHEN D. Identifying influential nodes in complex networks [J]. Physical A: Statistical Mechanics and its Applications, 2011, 391(4): 1777-1787.
- [9] HAO X C. Multi-path optimizing routing protocol based on predicting congestion for wireless sensor network[J]. journal of Electronics & Information Technology, 2011, 33(5): 1261-1265.
- [10] AMMARI H M, DAS S K. A Study of k-Coverage and Measures of Connectivity in 3D Wireless Sensor Networks [J]. IEEE Transactions on Computers, 2010, 59(2): 243-257.
- [11] LE H A, FANG L, YUANGUO B I, et al. A TCP Performance Enhancement Scheme in Infrastructure based Vehicular Networks [J]. China Communications, 2015, 12(6): 73-84.

#### 作者简介

赵晨, 1982年出生, 硕士, 讲师, 研究方向为计算机网络、计算机应用技术。

E-mail: Zhangchengxjd19@139.com