

中继神经元径向自动控制算法及在 WSN 节点定位中的应用

武俊生¹, 王 伟², 任志勇³

(1 山西大学 工程学院, 山西 太原 030013; 2 中州大学 信息工程学院, 河南 郑州 450044;
3 重庆电子工程职业学院 通信工程学院, 重庆 401331)

摘 要: 提出一种改进的中继神经元径向自动控制算法, 提高对被控对象的不确定性和外部扰动的抑制能力, 实现 WSN 节点的自组织定位. 设计中继神经元径向控制律, 把系统的初始化状态固定到中继神经元上, 最后采用扩展卡尔曼滤波器监控 WSN 节点 MIMO 行为, 实现对 WSN 节点的定位和数据监测. 仿真实验表明, 改进的自动控制算法能有效提高自动控制增益, 保证在低信噪比条件下对 WSN 节点的准确定位, 提高 WSN 网络稳定性.

关键词: 无线传感器网络; 自动控制; 神经元; 节点

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)07-0167-05

Relay Neurons Radial Automatic Control Algorithm and Application in WSN Nodes Localization

WU Jun-sheng¹, WANG Wei², REN Zhi-yong³

(1 College of Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030013, China;

2 College of Information Engineering, Zhongzhou University, Zhengzhou 450044, China;

3 Department of Communication Engineering, Chongqing College of Electronic Engineering, Chongqing 401331, China)

Abstract: Wireless sensor network (WSN) node distribution has great uncertainty. In the low SNR and single receiving node and single modulation, the accurate localization is difficult with node redundancy and increased spending. The traditional method uses self organizing neural network control method for WSN node localization recognition, due to the destruction of neurons of basal neural network in the discharge of nuclear input relay capability, resulting in WSN node positioning is inaccurate, and an improved relay neurons radial automatic control algorithm is proposed to improve the disturbance rejection capability. The WSN nodes self organization is realized. Relay neurons radial control law is designed, the extended Kalman filter is used to monitor the WSN node MIMO behavior, the WSN node location and data monitoring is obtained. Simulation results show that the automatic control algorithm can effectively improve the automatic gain control and ensure the accurate localization of nodes in low SNR, the stability of WSN network is improved.

Key words: wireless sensor networks; automatic control; neuron; node

1 引言

无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 广泛应用于数据采集和数据传输等领域, 通过多传感器进行原始数据感知, 实现系统的监测和数据传输. WSN 它的应用和发展最早出现于 1978

年美国国防高级研究项目组, 当时主要是用以无线传感器网络为基础研究军事系统的监测和监视等方面. 无线传感网络是计算机网络技术和信息处理技术高度发展和发达的体现, 是集传感器、网络技术、通信技术、信号与信息处理技术以及嵌入式计算机技术的综合应用, 如今, 无线传感器网络广泛应用在

收稿日期: 2013-09-27; 修回日期: 2013-11-18

基金项目: 重庆市教育委员会科学技术研究项目 (KJ132206)

军事通信、移动分布组网、信息与数据采集等涉及军事、卫星通信、卫生医疗监测、环保监测等各个领域,应用广泛. WSN 的节点定位和分布关系到整个 WSN 系统的生存概率和传输性能,因此研究 WSN 节点定位至关重要^[1,2].

传统方法中,多使用神经网络自组织映射控制方法实现对 WSN 节点的自定位和分布控制.其中,对 WSN 节点的定位算法集中在集合覆盖算法、遗传节点算法、粒子群算法、分布式算法等等.其中,文献[3]中提出一种基于 FPGA 的 WSN 节点自组织定位算法,文中采用 WSN 多传感器融合处理办法实现对 WSN 节点的定位检测分析,其控制算法采用粒子滤波算法实现节点自动控制,导致对 WSN 簇头节点分布控制效能限制较大,WSN 节点定位准确度有待提高;文献[4]中对传统的滑模控制算法进行改进,提出了一种基于可信度的 WSN 安全路由算法,对 WSN 的通信协议进行了簇内节点优化设计,有效排除了恶意节点,从而实现对 WSN 节点的定,但是算法采用多重节点反复组合的方法进行 WSN 节点分布设计,导致节点利用效率不好;关于对中继神经元控制算法的研究,文献[5]中提出一种直线反馈神经网络线性化补偿控制系统,对非线性控制具有良好的性能,但没能解决 WSN 网络中节点分布在呈现阻尼振荡影响时如何提高动态稳定性的问题;文献[5]提出一种中继神经元自适应非线性控制设计方法,比传动的 PID 无功功率补偿控制具有一定的改进,但其超负荷状态是控制性能受限,但算法没有采用径向控制,WSN 节点定位效果不准确;文献[6]中采用储能逆变的方式对控制误差进行抑制控制,稳态误差有大幅度降低,但系统的动态响应特性和稳态误差抑制效果不明显;文献[7]中提出了一种基于相邻节点 WSN 节点定位分布信任值提取算法,实现对 WSN 数据的融合,结合自组织神经网络系统,实现 WSN 节点定位,但算法在低信噪比和单接收节点调制中对 WSN 节点准确定位困难,导致 WSN 网络节点冗余,增大开销.传统的神经元控制算法基底核在异常的放电输入时中继能力破坏,导致 WSN 节点定位不准^[7-10].

针对上述问题,在上述文献研究的基础上,本文提出一种改进的中继神经元径向自动控制算法,提高对被控对象的不确定性和外部扰动的抑制能力,实现 WSN 节点的自组织定位.采用扩展卡尔曼滤波器监控 WSN 节点 MIMO 行为,实现对 WSN 节点的定位和数据监测.最后用仿真实验证明算法能

有效提高自动控制增益,保证在低信噪比条件下对 WSN 节点的准确定位,提高 WSN 网络稳定性,证明了算法的优越性能.

2 中继神经元径向自动控制算法

WSN 节点定位算法的基础是神经元自动控制算法,首先需要设计自动控制算法,实现对 WSN 节点的合理分布覆盖设计和定位.

2.1 系统模型构建

WSN 是由部署在监测区域内的多个 WSN 节点构成,通过神经网络径向自动控制方法,采用自组织神经元实现对网络系统的系统感知和节点定位,感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息,传递到终端,实现网络通信. WSN 网络分布式节点定位系统模型如图 1 所示.

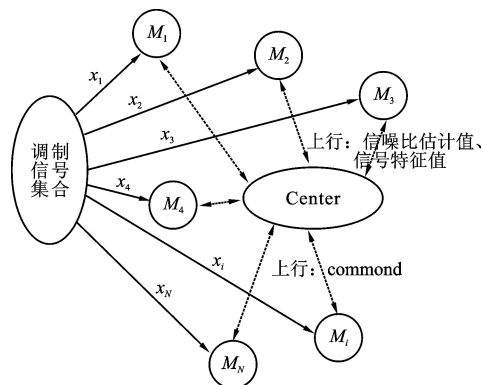


图1 WSN网络分布式节点定位系统模型

图中, $M_1, M_2 \cdots M_N$ 为传感器节点,在 WSN 系统覆盖区域内实现信息的收发传递,由于其处于不同位置,需要对其实现有效定位,监测节点工作性能,感知信号处理效率,同时实现节点故障监测,因此,节点定位在 WSN 中具有极其重要地位,本文采用中继神经元径向自动控制算法实现对节点的定位控制.采用中继神经元自动控制理论实现的 WSN 节点准确定位和数据融合示意图如图 2 和图 3 所示.

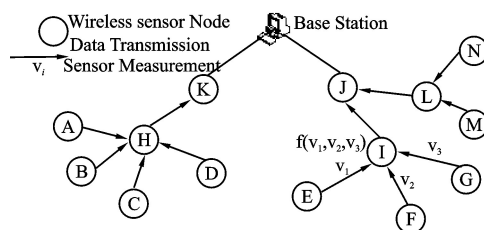


图2 中继神经元控制 WSN 节点融合树示意图

通过上图分析,为了实现 WSN 节点准确定位,往往需要首先建立 WSN 数据融合树.在图 2 中,A,

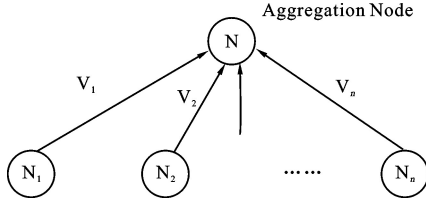


图 3 WSN 节点定位和数据融合模型

B,C,D 执行 WSN 传感任务,感知原始数据,然后把数据传给母节点 H. 通过中继神经元控制算法,使得神经元 H 对接收到的数据进行融合,实现对 WSN 节点的控制,最后把融合后的数据发送给节点 K,进行节点数据监测. 处理过程同样适合如下操作:(E,F,G)-I-J,(M,N)-L-J. 通过中继神经元径向控制网络结果,实现神经树母-子关系匹配,系统模型如图 3 所示,WSN 基站收集所有数据,进行节点自动控制,优化节点对数据的传输性能.

2.2 自动控制算法实现

在 WSN 网络结构中,中继神经元在径向传输中起到中继器的作用,实现神经系统的信息传递和控制. 由于基底核等核团异常的放电输入导致 WSN 网络系统节点稳定状态被破坏,导致定位不准,因此,本文提出一种改进的中继神经元径向自动控制算法,提高对被控对象的不确定性和外部扰动的抑制能力,实现 WSN 节点的自组织定位,下面对自控控制算法实现进行描述. 假设 WSN 系统节点分布模型为

$$C_m \frac{dv_{Th}}{dt} = -I_L - I_{Na} - I_K - I_T - I_{syn} + I_{SM} \quad (1)$$

$$\frac{dh_{Th}}{dt} = \frac{(h_{\infty}(v_{Th}) - h_{Th})}{\tau_h(v_{Th})} \quad (2)$$

$$\frac{d\omega_{Th}}{dt} = \frac{(\omega_{\infty}(v_{Th}) - \omega_{Th})}{\tau_w(v_{Th})} \quad (3)$$

式中, v_{Th} 为 WSN 节点电位势能, h_{Th} 为 WSN 网络活门控变量, ω_{Th} 是 T 型电能量消耗系数. I_{syn} 为输出数据抗干扰抑制因子. I_{SM} 为感知到的 WSN 电流输入,其表现为周期的或间歇随机的. 得到基底核等核团异常周期性方波模拟:

$$I_{SM} = A_{SM} H \left[\sin \left(\frac{2\pi t}{\rho_{SM}} \right) \right] \left[1 - H \left(\sin \left(\frac{2\pi t + D_{SM}}{\rho_{SM}} \right) \right) \right] \quad (4)$$

式中, A_{SM} 为方波信号的幅值, ρ_{SM} 为 WSN 节点分布方波信号的周期, D_{SM} 为中继神经元每周期内方波信号的持续时间. 若周期性方波在 WSN 节点超势能分布条件下, I_{SM} 替换成 V_{SM} 即可,在神经网络系统电场 V_e 以后,式中 WSN 网络的各个离子通道能

耗模型表示如下:

$$I_K = g_K [0.75 (1 - h_{Th})^4] (v_{Th} + V_e - E_K) \quad (5)$$

$$I_T = g_T p_{\infty}^2(v_{Th}) \omega_{Th} (v_{Th} + V_e - E_T) \quad (6)$$

和传统的神经网络自动控制模型相比,本文采用中继神经元径向控制模型可以使 WSN 节点在门控变量处用 $1 - h_{Th}$ 代替了 n ,提高了节点分布稳定性,各通道之间实现自组织定位和数据传输,WSN 通道标量表示为

$$h_{\infty}(v_{Th}) = \frac{1}{1 + \exp \left[\frac{v_{Th} + 41}{4} \right]} \quad (7)$$

$$\omega_{\infty}(v_{Th}) = \frac{1}{1 + \exp \left[\frac{v_{Th} + 84}{4} \right]} \quad (8)$$

$$\tau_h(v_{Th}) = \frac{1}{a_h(v_{Th}) + b_h(v_{Th})} \quad (9)$$

$$a_h(v_{Th}) = 0.128 \exp \left[-\frac{v_{Th} + 46}{18} \right] \quad (10)$$

$$b_h(v_{Th}) = \frac{4}{1 + \exp \left[-\frac{v_{Th} + 23}{5} \right]} \quad (11)$$

$$\tau_w(v_{Th}) = 28 + \exp \left[-\frac{v_{Th} + 25}{10.5} \right] \quad (12)$$

$$m_{\infty}(v_{Th}) = \frac{1}{1 + \exp \left[-\frac{v_{Th} + 37}{7} \right]} \quad (13)$$

$$p_{\infty}(v_{Th}) = \frac{1}{1 + \exp \left[-\frac{v_{Th} + 60}{6.2} \right]} \quad (14)$$

本 WSN 节点定位自动控制系统中各参数设置如下: $\rho_{SM} = 50, A_{SM} = 6, D_{SM} = 5, C_m = 1, g_{Na} = 3, g_K = 5, g_L = 0.05, g_T = 5, E_{Na} = 50, E_K = -90, E_L = -70, E_T = 120$. 在存在来自基底核的抑制性输入的情况下,WSN 网络节点控制中继神经元一般表现为以下三种放电模式,从而使得 WSN 节点能量得到相应消耗,WSN 节点的三种放电方式为:正常放电,放电失败和反弹放电,示意图如图 4 所示,本文采用中继神经元径向自动控制方式消除放电失败和反弹放电,实现 WSN 节点的能耗合理效果,并实现节点准确定位.

3 自动控制算法改进和 WSN 节点定位实现

3.1 中继神经元径向自动控制算法改进

根据上述分析可见,神经网络中神经元基底核在异常的放电输入时中继能力破坏,导致 WSN 节

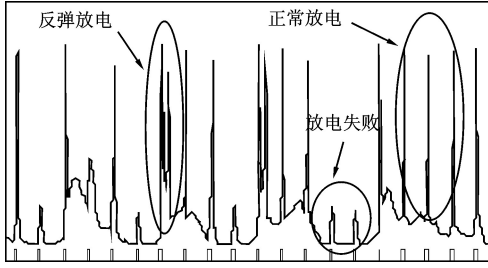


图4 WSN节点中继神经元进行
控制模型三类型的放电模式

点定位不准,因此本文需要对传统的中继神经元径向自动控制算法进行改进,提高对被控对象的不确定性和外部扰动的抑制能力,实现 WSN 节点的自组织定位,改进算法描述如下:

假设神经网络系统是一个 n 阶多输入多输出 (MIMO) 系统描述如下:

$$\dot{y}^{(n)} = f(y^{(n-1)}, \dots, \dot{y}, t) + \Delta f(y^{(n-1)}, \dots, \dot{y}, t) + d(t) + b(y^{(n-1)}, \dots, \dot{y}, t) u \quad (15)$$

式中, $y \in R^m$ 为输出向量; $f \in R^m$ 为已知的系统状态中继神经元径向设计函数, $u \in R^m$, 在 WSN 网络模型中其互相关函数平均向量矩阵的秩满足 $\text{rank}(b) = m$; Δf 和 $d(t)$ 分别为 WSN 节点分布的不确定性和外部扰动. WSN 节点中神经元控制向量满足

$$|\Delta f(X, t)| \leq F(X, t), |d(t)| \leq D(t) \quad (16)$$

本文对传统的神经元自动控制算法进行改进,采用径向控制策略,把上式可以改写为多状态进行分布模型,令 $x_1 = y, x_2 = \dot{y}, \dots, x_n = y^{(n-1)}$, 得到新的控制方程为

$$\begin{aligned} \dot{\sigma}(X, t) &= C\dot{E} - C\dot{P}(t) \\ &= C \cdot [e^T \ddot{e}^T \dots e^{(n)T}]^T - \\ &\quad C \cdot [\dot{p}(t)^T \dot{p}(t)^T \dots P^{(n)}(t)^T]^T \\ &= C_n [e^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \\ &\quad \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \\ &= C_n [x_1^{(n)} - x_{1d}^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \\ &\quad \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \\ &= C_n [x_n - x_{1d}^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \\ &\quad \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \\ &= C_n [f(X, t) + \Delta f(X, t) - x_{1d}^{(n)} - \end{aligned}$$

$$p(t)^{(n)}] + \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \quad (17)$$

式中, $X = [x_1^T, x_2^T, \dots, x_n^T]^T = [x_1^T, \dot{x}_1^T, \dots, x_1^{(n-1)T}]^T$, 设计 WSN 节点 MIMOJ 径向输出函数为

$$V = \frac{1}{2} \sigma^T \sigma, \text{ 则}$$

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \sigma^T \dot{\sigma} \\ &= \sigma^T C_n \{f(X, t) - x_{1d}^{(n)} - p(t)^{(n)} + \\ &\quad C_n^{-1} \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p(t)^{(k)}]\} + \\ &\quad \sigma^T C_n b(X, t) u + \sigma^T C_n [\Delta f(X, t) + d(t)] \\ &\leq \sigma^T C_n \{f(X, t) - x_{1d}^{(n)} - p(t)^{(n)} + \\ &\quad C_n^{-1} \sum_{k=1}^{n-1} C_k [e^{(k)} - p(t)^{(k)}]\} + \\ &\quad \sigma^T C_n b(X, t) u + \|\sigma^T C_n\| \cdot \\ &\quad \|\Delta f(X, t) + d(t)\| \quad (18) \end{aligned}$$

最终得到改进的中继神经元控制器设计为

$$\begin{aligned} u(t) &= -b(x, t)^{-1} [f(X, t) - x_{1d}^{(n)} - p(t)^{(n)} + \\ &\quad C_n^{-1} \sum_{k=1}^{n-1} C_k (e^{(k)} - p(t)^{(k)})] - b(x, t)^{-1} \\ &\quad \frac{C_n^T \sigma}{\|C_n^T \sigma\|} [F(X, t) + D(t) + K] \quad (19) \end{aligned}$$

通过上述处理,把系统的初始化状态固定到中继神经元上,提高中继神经元的闭环控制能力,确保了闭环系统的全局鲁棒性和稳定性.

3.2 WSN 节点定位实现

最后采用扩展卡尔曼滤波器监控 WSN 节点 MIMO 行为,实现对 WSN 节点的定位和数据监测, WSN 节点定位监测实现算法描述如下:

在上述采用中继神经元径向自动控制算法基础上,使用卡尔曼滤波器得到时间更新 - 状态估计等式来预测时间 t_{k+1} 时的状态 $\hat{x}_{k+1}^-$:

$$\hat{x}_{k+1}^- = F(\hat{x}_k^+) \quad (20)$$

使用时间更新 - 误差更新方程来预测时间 t_{k+1} 时的误差:

$$\hat{P}_{k+1}^- = \frac{\partial F}{\partial x} \Big|_{x=\hat{x}_k^+} P_k^+ \frac{\partial F}{\partial x} \Big|_{x=\hat{x}_k^+}^T + Q_k = P_k^+ + Q_k \quad (21)$$

使用测量更新 - 卡尔曼增益方程来计算时间 t_{k+1} 时的卡尔曼增益,得到 WSN 节点定位方程为

$$K_{k+1} = P_{k+1}^- (P_{k+1}^- + R_k)^{-1} = \frac{P_{k+1}^-}{P_{k+1}^- + R_k} \quad (22)$$

使用带有测量值 z_{k+1} 的测量更新 - 估计更新方

程,利用 z_{k+1} 对估计进行更新得到

$$\hat{x}_{k+1}^+ = \hat{x}_{k+1}^- + K_{k+1}(z_{k+1} - \hat{x}_{k+1}^-) \quad (23)$$

扩展卡尔曼滤波器可以为相邻节点的未来融合值提供一个相对准确的预测值,从而在低信噪比下实现对 WSN 节点的准确定位和检测。

4 仿真测试与性能分析

为了验证本文提出的中继神经元径向自动控制算法的优越控制性能和在 WSN 节点定位中的有效用,本文基于 MATLAB 平台进行系统数学建模和仿真实验,传感器节点数设置为 2 000 个,分布在 2 000 m×2 000 m 的正方形区域中,节点通信半径为 10 m,WSN 节点通信轮次为 100 轮次,带宽为 1 Mb,数据包大小为 256 b,抑制性信号 I_{syn} 为叠加了强度为 1 的白噪声的正弦信号,同样仿真时间取为 1 000 ms,控制器在 400 ms 处加入,得到本文控制算法对 WSN 节点输入输出参数控制性能仿真曲线如图 5 所示,从图 5 可见,采用本文算法,能有效实现对 WSN 节点的状态监测控制,实现对 WSN 节点的定位和数据监测,提高自动控制增益,提高对被控对象的不确定性和外部扰动的抑制能力,控制精度较高。

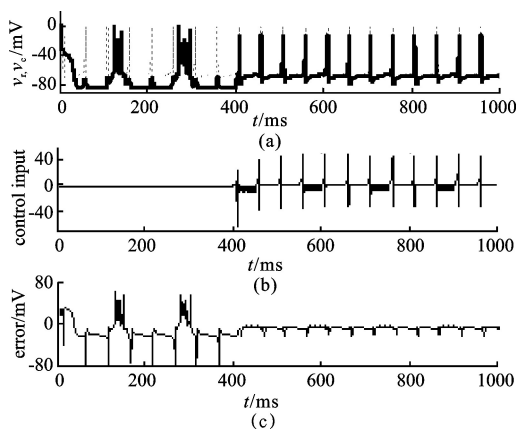


图5 本文控制算法对 WSN 节点输入输出参数控制性能仿真曲线

在实现节点自动控制的基础上,最后采用本文算法得到不同信噪比下 WSN 节点定位结果准确率如图 6 所示。从结果可见,采用本文算法,得到 WSN 节点准确定位准确率较传统方法提高显著,且在低信噪比下具有很好的定位性能,同时也确保了 WSN 闭环系统的全局鲁棒性和稳定性。

5 结束语

针对传统 WSN 节点定位方法采用自组织神经网络控制方法而导致 WSN 节点定位不准问题,本文

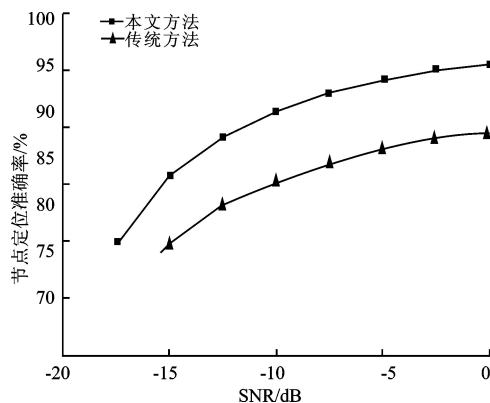


图6 不同信噪比下 WSN 节点定位结果准确率

提出一种改进的中继神经元径向自动控制算法,提高对被控对象的不确定性和外部扰动的抑制能力,实现 WSN 节点的自组织定位,最后采用扩展卡尔曼滤波器监控 WSN 节点 MIMO 性能,实现对 WSN 节点的定位和数据监测。通过研究得出,采用本文算法,能有效实现对 WSN 节点的状态监测控制,对被控对象的不确定性和外部扰动的抑制能力提高显著,在低信噪比下具有很好的定位性能,确保了 WSN 闭环系统的全局鲁棒性和稳定性,算法在 WSN 组网设计和节点故障检测等领域具有很好应用价值。

参考文献:

- [1] 龚娟,段树华. PSO算法和神经网络的入侵检测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(8): 1924-1927.
- [2] 陈秀峰,许洪国,倪安宁. 并行微观交通动态负载平衡预测方法仿真[J]. 计算机仿真, 2013, 30(8): 164-168.
- [3] 杨建华,王龙飞. 基于FPGA的交通流量视频检测系统设计[J]. 计算机与数字工程, 2013, 41(11): 1811-1813, 1858.
- [4] 董慧慧,郭亚军. 一种基于节点多角度信任的无线传感器网络[J]. 计算机科学, 2009, 36(9): 43-45.
- [5] 雷邦军,费树岷,翟军勇. 静止无功补偿器(SVC)的一种新型非线性鲁棒自适应控制设计方法[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(30): 65-70.
- [6] 韩晓冬. 基于小波神经网络的电网故障定位技术研究[J]. 科技通报, 2013, 29(6): 59-61.
- [7] 罗海驰,李岳阳,孙俊. 一种基于自适应神经模糊推理系统的图像滤波方法[J]. 计算机科学, 2013, 40(7): 302-306.
- [8] 赵娟,赵蕾,吴粉霞. 基于自组织映射神经网络的图像检索算法[J]. 科技通报, 2013, 29(2): 55-57.

(下转第 176 页)

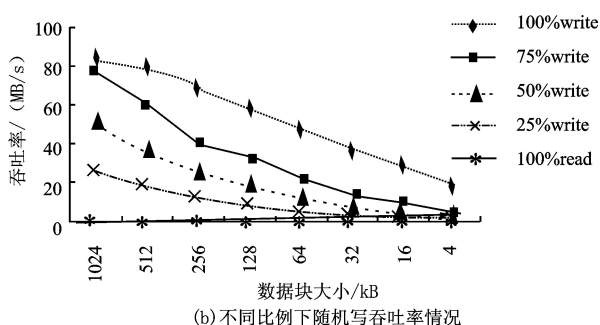
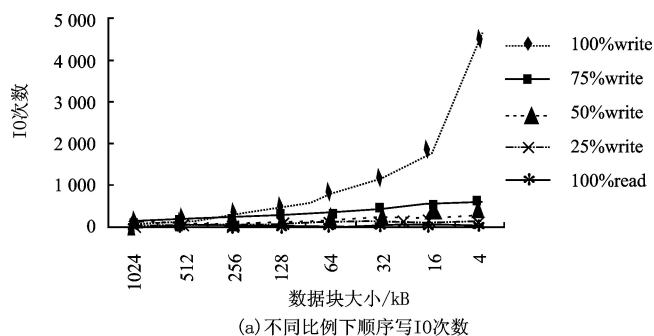


图6 不同数据块请求下各比例随机写的写数据传输率

统上的试验,证实了该策略的可行性和高效性。在8G光纤下I/O吞吐量几乎可达到700 MB/s,已很接近理论值。为了进一步提高控制器的性能和稳定性,对控制器Cache的替换和预读策略的优化以及读写模式识别和区别处理是下一步的研究方向。

参考文献:

- [1] SCST SGV cache description[EB/OL]. http://scst.sourceforge.net/sgv_cache.html.
- [2] Generic SCSI target mid-level for Linux(SCST)[EB/OL]. [2008-09-19]. https://git.ipxe.org/mirror/scst/.git/blob_plain?f=scst/README.
- [3] 杨巍. 采用基树的磁盘阵列Cache技术研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
- [4] 刘志强, 王丽芳, 王新民, 等. 基于存储处理器的Raid控制器研究[J]. 西北工业大学学报, 2010, 28(4): 633-636.
- [5] 胡泉波. 基于FC的磁盘阵列的研究与设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2011.
- [6] 魏沁祺, 谢长生, 刘瑞芳, 等. 基于结构化模型的高性能RAID系统的设计与实现[J]. 小型微型计算机系统, 2007, 28(2): 376-380.
- [7] QinQi Wei, ChangSheng Xie, Xu Li. Stripe-Cache: An Efficient Cache Scheme for Building Multimedia Oriented RAID System[C]//Human-computer interaction, Beijing, China: IEEE, 2007.

作者简介:

陈云霄 女, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为网络与信息安全、分布式网络存储。

王丽芳 女, (1964-), 教授. 研究方向为电子商务安全、分布式网络存储、云存储。

蒋泽军 男, (1964-), 教授. 研究方向为云存储、嵌入式系统。

(上接第171页)

[9] 李鹏, 孙未蒙, 李文强, 等. 一种改进积分滑模面在飞控中的应用[J]. 控制工程, 2010, 17(3): 269-289.

[10] 杨海霞. 基于改进数据过滤算法的异构数据库优化挖掘技术[J]. 科技通报, 2013, 29(6): 125-127.

作者简介:

武俊生 男, (1965-), 硕士, 副教授. 研究方向为软件开发及

网络应用。

王伟 男, (1980-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机网络技术、通信技术。

任志勇 男, (1971-), 硕士, 副教授. 研究方向为自适应信号处理、宽带接入技术。