

基于正交数据子流信道接入梯度控制机制的 WSN 资源规划算法

刘绍刚

(滇西科技师范学院 滇西 677000)

摘要:为改善当前无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)混合信道接入过程中存在的资源调度困难、信道冲突及性能吞吐下降等难题,提出了基于正交数据子流信道接入梯度控制机制的 WSN 资源规划算法。首先,基于规划梯度的思想,对当前 WSN 混合信道性能指标进行优化排序,并根据信道占用最小及传输频谱占用率最大原则进行迭代,降低了信道子流的冲突现象发生;随后,根据 WSN 资源的实际使用情况,当仅当资源占用超过一定限度时方提供额外资源进行服务,从而实现了子流信道接入的合理调度。仿真实验证明,本算法具有更高的服务质量与稳定服务时间,更好地改善了网络通信性能。

关键词:无线传感器网络;资源规划;正交数据;子流信道;梯度控制

中图分类号: TN911 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510. 5015

WSN resource planning mechanism based on orthogonal data sub channel access gradient control mechanism

Liu Shaogang

(Dianxi normal university of science and technology, Dianxi 677000, China)

Abstract: In order to improve the resource scheduling problems of current WSN hybrid channel access process, channel conflict and performance problems such as throughput decline; presents a flow channel access control mechanism based on the orthogonal gradient data of WSN resource planning mechanism; first, the planning mechanism through gradient thought, optimize the ranking of the current WSN hybrid channel the performance index, and according to the channel occupancy and minimum transmission spectrum iterative occupancy rate maximum principle, reduce conflict channel sub flow phenomenon; then according to the actual use of WSN resources, when only when the party to provide additional resources for service resources occupied exceeds a certain limit, in order to achieve a reasonable scheduling sub flow channel access. The simulation results show that the algorithm can improve the quality of service and increase the stable service time.

Keywords: wireless sensor network; resource planning; orthogonal data; sub-channel; gradient control

1 引言

随着 WSN 技术不断在经济中得到广泛的应用,各种新型 WSN 智能设备的市场空间也不断的扩大。使用一定的 WSN 接入技术将各种智能设备接入到预先构建的 WSN 网络中,且可以提供充足的信道传输带宽服务资源,成为了当前 WSN 应用技术中的闪光点之一^[1]。然而由于不同的 WSN 智能设备的接入过程中所需要的制式信道带宽资源具有很强的抖动性,很难达到对整体 WSN 资源的合理规划和资源利用,因而需要采用一些资源调度及规

划机制,从而能够较好的满足诸如高带宽 WSN 资源传输等业务的实现^[2]。

由于当前 WSN 技术均采用无线方式实现,且资源传输过程中需要以数据流的形式在信道中进行传输规划,因此研究者往往采取一定措施对 WSN 资源流进行规划,以便实现数据资源与 WSN 带宽资源的业务匹配^[3]。Ahmed 等人^[4]提出了一种高斯随机分布资源检测机制的用户资源调度的 WSN 资源规划机制,能够通过随机模式进行调度指令分配,可以实现在较低优先级的情况下对用户资源的调度使用,仿真实验表明,该机制所需要调度

资源的成本可以实现最低化,不过由于该算法需要在中等烈度环境下完成资源调度,因此该算法难以在高竞争烈度环境下实现对资源的低成本调度。Li 等人^[5]提出了一种基于资源拥塞梯度控制的 WSN 资源调度机制,能够在资源传输信道受限条件下确保对用户资源实现低等烈度的全覆盖保障,仿真实验表明该机制能够在信道资源低等烈度分布条件下的带宽传输保障,不过该机制由于单纯以固定节点模式作为 WSN 建模分析模型,未能考虑到 WSN 节点往往处于流动状态,具有节点拓扑位置抖动性强的特性,因此该算法难以实现在网络拥塞条件下的资源调度,随着网络资源的不断拥塞,整体资源的有序度会陷入严重衰减的状态。Jiang 等人^[6]针对 WSN 节点的流动性特性,采取了一种流动性匹配机制的资源调度策略,能够通过检测资源流动性的方式,实现网络覆盖范围内的资源调度;不过该机制需要对 WSN 节点及资源的流动特性进行实时监测,一旦网络中用户租用的烈度急剧提高,则该机制将由于检测资源的迅速枯竭而发生失效现象。

为改善当前研究中所存在的这些瓶颈,提出了一种基于正交数据子流信道接入梯度控制机制的 WSN 资源规划机制,使用梯度思想和接入调度机制改善 WSN 混合信道性能,使用信道占用最小及传输频谱占用率作为评估指标,对 WSN 资源调度过程进行控制,从而实现了 WSN 资源的整体调度规划。仿真实验证明了本文算法的有效性。

2 本文 WSN 资源规划算法

2.1 正交数据子流排序与梯度计算

由于 WSN 网络在提供资源服务时,具体时刻的服务提供均采用服务流的方式,因此需要对服务流进行事前规划及事中调度,以便能够完成资源匹配^[7]。若处于正交状态的服务子流难以实现对网络状况及资源的匹配时,则整个网络将因资源规划受阻而出现严重的拒绝服务先行,因此需要对网络服务的正交数据子流、接入信道、传输频谱进行规划及调度,以便实现网络服务的均衡化^[8]。

对于任意时刻的 WSN 服务流而言,其规划及调度均可由资源总量、接入信道占用率、传输频谱占用率唯一的控制^[9]。因此本文 WSN 资源规划机制中,采用梯度控制的方式,以便实现对服务流的规划及调度的均衡化,整个规划及调度过程由信道接入控制和服务调度两个部分组成。

1)以接入信道占用率 $PT(x)$ 的方式进行信道资源规划

WSN 服务流在生命周期内的服务匹配质量高低,可以使用单位时间内在单条接入信道上的资源服务梯度及控制粒度来决定^[9]。在某个时刻 t_0 单条接入信道上的 WSN 服务流满足泊松分布,且数学特征指数为 λ ,因此

全网络覆盖范围内所能正常提供服务的时间 X 满足相同的数学分布,则信道资源能够正常服务的平均时间 N_Q 满足:

$$N_Q = \frac{(\lambda^{7/3} E | X | - 2)}{1 - \lambda^2 E | X^2 |} \quad (1)$$

式中: $E | X^2 |$ 为二级平均值, $E | X |$ 为整个分布的平均波动。

首先需要对整个信道正常占用时间进行判断,若满足 WSN 服务流过程中,整个信道占用率较低,则说明信道资源规划水平良好,难以提供服务的概率 $PT(x)$ 将被控制在可接受的水平;反之,若整个信道占用率很高,说明网络在规划接入资源的过程中出现异常,导致资源规划难以满足 WSN 服务流的正常工作,即:

$$PT(x) = \begin{cases} 0, & x < N_Q \\ 1, & x > N_Q \end{cases} \quad (2)$$

2)按传输频谱占用概率 p' 进行服务调度

由于信道正常工作是由传输频率控制的,传输频率占用概率越小,则信道正常工作的概率也就越高,因此在具体的时刻依据传输频谱占用概率 p' 来确定资源调度概率 $Pr(x)$,以便 WSN 服务流能够正常的通过传输信道进行服务匹配。

考虑到传输频谱占用概率 p' 与资源调度概率 $Pr(x)$ 具有独立同分布特性,因此可以利用独立同分布的数学平移特性来实现两者之间的初步预估^[9]:

$$(Pr)^{p'} = Pr(x) \quad (3)$$

式(3)中传输频谱占用概率 p' 为时移序列,该时移序列可以通过如下的 0-1 裁决方式进行获取:

$$P'(p) = \begin{cases} 1-p, & p < 0.5 \\ 1, & h > 0.5 \end{cases} \quad (4)$$

其中 p 为传输频谱占用概率 p' 的一维高斯独立同分布序列函数。

可设当前 WSN 服务流在 F_c 时刻所需要的信道占用率为 F_p ,该时刻的频谱占用率为 N_{nest} ,则该服务流能够正常被服务的概率 PFC 满足:

$$(PFC)^{p'} = 1 - Pr(x) \quad (5)$$

由于在某个具体的时刻,信道资源与频谱资源的接入梯度 Δ 与 WSN 服务流是全覆盖关系,接入梯度 Δ 的水平越高,则 WSN 服务流正常被服务的可能性也就越大。对该梯度进行采样,不妨设采样时刻为 Δ_t ,则整体全覆盖关系 Δ_s 满足:

$$\Delta_s = Pr \int_{\Delta}^{\Delta_t} \sqrt[2/3]{\Delta^2 - x^2} dx \quad (6)$$

为便于获取,式(6)可以转述为如下表达形式:

$$\Delta_s = (Pr)^{p'} \int_{\Delta}^{\Delta_t} \sqrt[2/3]{\Delta^2 - x^2} dx \quad (7)$$

因此当 F_c 时刻的整个网络信道占用率 F_p 满足时移关系,则频谱占用率必满足:

$$N_{nest} = \sqrt[3]{1-\Delta s} \quad (8)$$

频谱控制梯度 $\overline{N_{nest}}$ 满足:

$$\overline{N_{nest}} = 1 - \sqrt[3]{1-\Delta s} \quad (9)$$

据此可以获取本文机制的最大服务时间均值 P_{max} 满足:

$$P_{max} = \Delta(1-\Delta)(\sqrt[3]{1-\Delta s})(1 - \sqrt[3]{1-\Delta s}) \quad (10)$$

当最大服务时间均值 P_{max} 高于网络服务周期时,说明 WSN 服务流得到了满足,网络资源规划过程结束。

2.2 WSN 资源规划过程

不妨设 WSN 服务流在 F_c 时刻所需要的信道占用率为 F_p , 该时刻的频谱占用率为 N_{nest} , 则本文机制过程如图 1 所示, 详细步骤如下:

- 1) 确定初始接入时刻 F_c , 当仅当能够获取信道占用率为 F_p 及频谱占用率为 N_{nest} 才转入下一步;
- 2) 接入时刻开始资源规划后, 若能够持续收到 WSN 服务流, 则转步骤 3); 否则返回步骤 1) 中继续进行信道占用率为 F_p 及频谱占用率为 N_{nest} 的获取过程;
- 3) 当仅当接入时刻的 WSN 服务流能够被分配到子信道进行服务匹配时, 才继续转下一步, 否则回步骤 2) 继续进行有效请求的确认与匹配;
- 4) 按式 (8) ~ (10) 所示计算最大服务时间均值 P_{max} , 当仅当 P_{max} 大于服务周期时, 则持续进行步骤 1) ~ 3);
- 5) 算法结束。

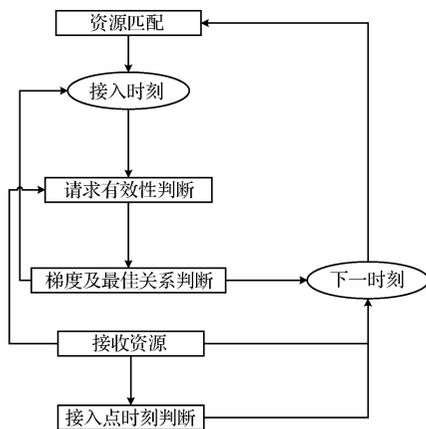


图 1 算法流程

3 仿真实验

3.1 仿真环境设置

为验证本文算法性能, 仿真实验中使用 NS-2 仿真平台对 PC_DDos^[10]、PR_ERP^[11] 算法与本文算法进行仿真对比。实验仿真参数如表 1 所示。

表 1 仿真参数表

参数	数值
WSN 网络区域/m ²	3 600×36 000
网络仿真时间/h	24
WSN 节点密度(个/百平方米)	不超过 1 024
传输速率/kbps	128
资源周期/s	不超过 600
节点功率/J	不超过 512
比特长度/bit	不超过 1 024

仿真实验将从节点移动个数、节点密度以及节点功率大小这 3 个变量, 与 PC_DDos^[10]、PR_ERP^[11] 算法在稳定服务时间、最大资源服务带宽两个指标上进行对比。

3.2 测试结果比对

1) 稳定服务时间

图 2 展示了本文算法与 PC_DDos、PR_ERP 算法在稳定服务时间上的对比情况, 由图可知, 随着网络节点移动个数的不断增加, 本文算法的稳定服务时间波动较小, 且始终处于较高水平; 而 PC_DDos、PR_ERP 算法均出现了稳定服务时间大幅度下降的现象, 这是用于本文资源规划算法引入梯度控制方式, 当网络拓扑变动剧烈时能够有效的保障信道占用处于较高水平, 因此稳定服务水平较高; 而 PC_DDos、PR_ERP 算法均采用固定信道分配模式, 一旦网络拓扑发生变动, 则信道占用水平将处于不可使用状态, 网络服务能力也随之下降。

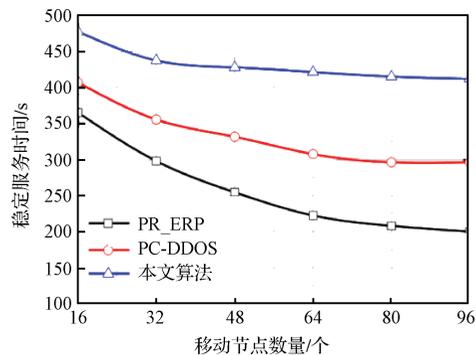


图 2 不同网络节点移动个数下稳定服务时间测试

图 3 所示展示了本文算法与 PC_DDos、PR_ERP 算法在不同节点密度情况下稳定服务时间上的对比。由图 3 可知, 随着网络密度不断增加, 本文算法的稳定服务时间始终高于对照组算法, 这是由于本文算法采用基于梯度排序等资源调度模式, 当接入节点密度不断增加时能够通过固定服务时刻的方式满足 WSN 服务资源需求; 而 PC_DDos、PR_ERP 算法均不考虑密度因素对网络拥塞情况的影响, 因而当发生网络拥塞时将难以改善 WSN 服务流的质量保障需求。

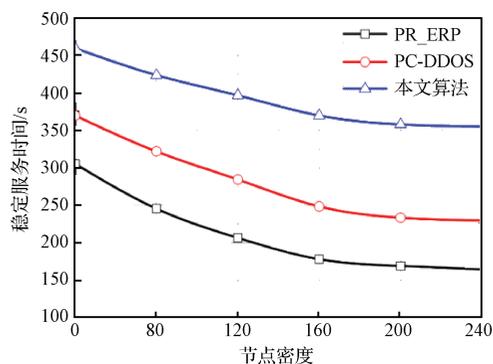


图3 不同网络节点密度下稳定服务时间测试

2) 最大资源服务带宽

图2所示为本文算法与PC_DDos、PR_ERP算法在最大资源服务带宽上的对比情况,由图可知,随着节点密度的不断增加,无论网络处于高密度节点还是低密度节点状态下,本文算法的最大资源服务带宽始终优于对照组算法,这是由于本文算法采用基于梯度排序等资源调度模式,能够根据当前网络状况的好坏动态调整服务质量,因此最大资源服务带宽处于较高水平,且与节点密度分布没有明显的变动比例关系。PC_DDos算法直接根据当前网络中可提供资源的节点进行资源匹配,当节点无法匹配资源时,信道的占用将处于中断状态。PR_ERP算法虽然对节点密度分布进行了冒泡匹配,然而仅采用最佳节点资源匹配方式进行资源规划,容易产生严重的拥塞现象,因而本文算法的最大资源服务带宽指标要优于对照组算法。

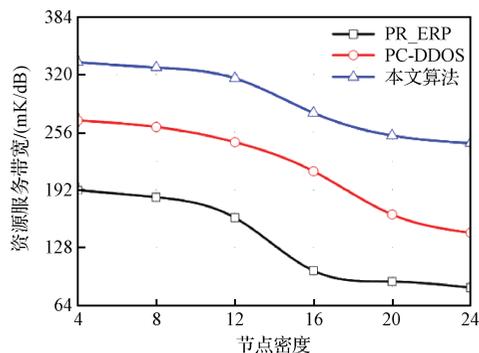


图4 低节点密度环境下最大资源服务带宽测试

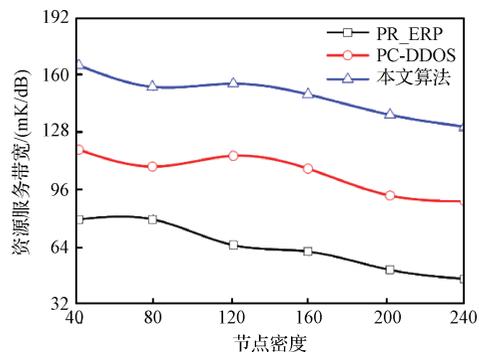


图5 高节点密度环境下最大资源服务带宽测试

4 结论

考虑到 WSN 网络资源具有受限特性,容易导致资源服务质量较低、网络拥塞等现象的发生,从而降低网络整体服务水平;提出了一种新的基于正交数据子流信道接入梯度控制机制的 WSN 资源规划机制。该机制采用信道占用最小及传输频谱占用率最大原则进行资源匹配,且采用梯度控制的方式对资源进行二次规划,能够提高接入带宽及传输频谱的使用效率,增加网络服务质量,稳定最佳服务时间,具有显著的实践价值。

参考文献

- [1] 邱立达,刘天键,傅平. 基于稀疏滤波的无线传感器网络数据融合[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(3):352-357.
- [2] 曹立志,陈莹. 基于学习自动机的无线传感网能量均衡分簇算法[J]. 传感技术学报, 2013, 11(7):1590-1596.
- [3] 王曙光,王庆升,刘美丽,等. 无线传感器网络安全测评关键技术研究[J]. 电子测量技术, 2015, 38(5): 93-96.
- [4] AHMED A, ABU B K, CHAN N M. A survey on trust based detection and isolation of malicious nodes in ad-hoc and sensor networks[J]. Frontiers of Computer Science, 2015, 12(7):280-296.
- [5] LI Z, XI L, HONG J. Cross-layer adaptive resource allocation algorithm with diverse QoS requirements for single-cell OFDMA systems[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2015, 1(1):15-22.
- [6] JIANG H, JIN S, WANG C. Prediction or not, an energy-efficient framework for clustering-based data collection in wireless sensor networks [J]. IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems, 2011, 22(6):1064-1071.
- [7] 杜帅,秦伟,张柯,等. 基于 ZigBee 技术的绿地智能喷灌系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(3): 71-74.
- [8] 王翥,王祁. 多约束容错性 WSN 中继节点布局算法的研究[J]. 电子学报, 2011, 1(2): 115-120.
- [9] 章韵,巨德文. 基于可预测移动汇聚节点的无线传感网分簇算法研究[J]. 计算机科学, 2012, 6(9):89-92.
- [10] LI J, CHEN H. A data transmission scheduling algorithm for rapid-response earth-observing operations [J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2014, 2(7):349-364.
- [11] TANG B, DONG X R. High sensitivity GPS software receiver algorithm based on simple differential coherent accumulation[J]. Signal processing, 2014, 25(5):832-836.

作者简介

刘绍刚,1984 年出生,硕士,讲师,主要研究方向为计算机网络、网络工程设计、物联网应用技术。

E-mail:liushaoG1984dx@163.com