

WSN 中数据传输瓶颈问题解决方案研究

朱永利, 韩 凯, 张 哲

(华北电力大学 计算机科学与技术学院, 河北 保定 071003)

摘 要: 通过对常见的无线传感器网络(WSN)进行研究,分析了 WSN 中数据传输瓶颈节点形成的原因。为了解决瓶颈节点,结合数据压缩和数据融合技术以减少传向汇聚节点的数据量,在汇聚节点以上使用高速网络,当数据量超出汇聚节点的处理能力时,在汇聚节点采用根据兴趣或数据的优先级对数据进行选择性传输,给出了解决瓶颈节点的一般化方案。

关键词: WSN; 瓶颈节点; 数据压缩; 数据融合; 数据选择传输

中图分类号: TP393

文献标识码: A

Research on the solution of data transmission bottleneck nodes in WSN

ZHU Yong Li, HAN Kai, ZHANG Zhe

(School of Computer Science of Technology, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Through the research on wireless sensor networks, this paper analyzed the reasons which cause the bottleneck node of WSN in data transmission. In order to solve this problem, use the data compression and data integration technology to reduce the amount of data which is transmitted to cluster node, and use the selectively transmission when the amount of data beyond the capacity of cluster nodes, which based interest or priority. Finally, this paper proposed a general program to solve the bottleneck nodes.

Key words: wireless sensor networks; bottleneck nodes; data compression; data integration; data selectively transmission

无线传感器网络凭借其低成本、低功耗和可以方便快捷地布网等优点,在近两年来备受关注,其应用领域涉及军事、工业和民用等各方面^[1]。但是受到传感器节点计算、存储能力有限和电源供应(一般是电池供电)的影响,在设计和部署 WSN 时会受到很大的限制,其中,部分节点会成为网络中的数据传输速度瓶颈就是其必须面对的问题之一。

在无线传感器领域内,目前技术标准是广泛使用 ZigBee^[2] 以及下一代互联网 IPv6 技术的 6LowPan 草案。这些通信协议栈都是基于 IEEE 802.15.4 标准,受到 802.15.4 标准的限制,它们的通信速率都在 250 Kb/s 以下^[3]。由于传输速率低,在需要传输的数据量很大的情况下,一些特定的节点(如汇聚节点),很容易产生所需要转发的数据量超过了其处理能力的问题,这些节点就成为整个网络中数据传输的瓶颈节点(以下简称为瓶颈节点)。

目前关于无线传感器瓶颈节点的研究主要集中在瓶颈节点的能量问题^[4](如何提高节点的能量效率和防止瓶颈节点由于能量耗尽而造成网络的分割)。在减少数据量方面,数据压缩技术和数据融合技术的提出是为了减少整个网络的冗余数据,从而减少汇聚节点的数据处理量。数据压缩和数据融合技术只能在不影响数据精度的情况下对数据进行约简,当数据量巨大时,其效果有限,不能很好地解决瓶颈节点问题。

本文通过对现有传感器网络常见体系结构、基于 WSN 的数据压缩和数据融合技术的研究,分析了产生速度瓶颈节点的原因。在此基础上,根据现有的技术和标准,提出了解决数据传输瓶颈节点的方案。

1 WSN 数据传输瓶颈节点产生原因分析

目前,在 WSN 组网中使用广泛的技术标准主要是当前成熟的 IEEE 802.15.4 和 ZigBee, 及为了使用新一

网络与通信 Network and Communication

代互联网中 IPv6 的技术而提出的 6LowPan (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network)草案。图 1 分别给出了 ZigBee^[1]和 6LowPan^[2]的协议栈图。

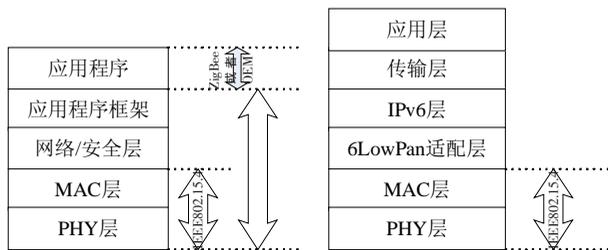


图 1 ZigBee(左)和 6LowPan(右)协议栈

由图 1 可以看出,ZigBee 和 6LowPan 都是使用 802.15.4 定义的 MAC 层和物理层。IEEE 802.15.4 中物理层定义的数据传输速率为 20 Kb/s、40 Kb/s、100 Kb/s、250 Kb/s^[3]。由于 IEEE 802.15.4 设计时主要针对数据传输量小的网络,因此数据传输速率不是很高。当 WSN 中某个节点需要传输的数据量非常大时,带宽就是数据传输的瓶颈之一。这种情况在 WSN 的汇聚节点表现得尤为明显。

当 WSN 为随机部署时,就有可能会出现“瓶颈节点”。参考文献[4]中定义的“瓶颈节点”是由于随机部署的原因而不得不成为连接 2 个或多个区域的孤立节点,如图 2 所示,主要考虑的是“瓶颈节点”能量问题,因为

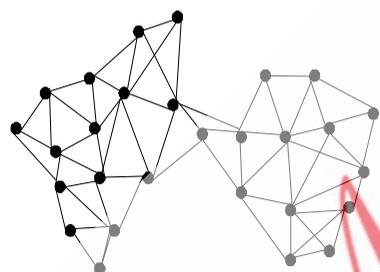


图 2 存在“瓶颈”节点的网络拓扑图

当该节点能量耗尽“死亡”之后,网络将被分割为孤立的几部分。除了能量因素之外,这类“瓶颈节点”的数据传输速度也是影响网络性能的主要因素之一。因为这些节点连接 2 个孤立的网络,当 2 个网络间有大量数据要进行传输时,受到“瓶颈节点”的影响,网络的数据丢失率会急剧上升,网络性能会变差。

ZigBee 在实际使用中,在特定的网络拓扑下也会出现“瓶颈节点”。ZigBee 常用的网络拓扑为星型拓扑结构和树形拓扑结构,如图 3 所示。在网络中,不论采取哪种拓扑结构,总是有一部分节点负责数据的收集和汇聚功能,因此这些节点的数据传输量就可能非常大,甚至超过自身的处理能力,从而成为整个网络的瓶颈节点。

同样地,由于网络拓扑原因产生的瓶颈节点不止是存在于 ZigBee 的

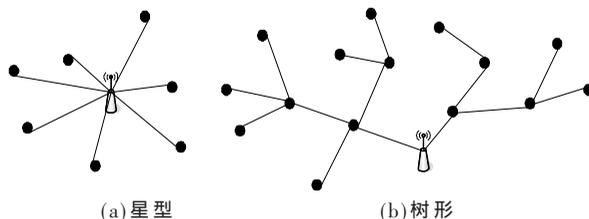


图 3 ZigBee 常用拓扑

网络中,在其他类型的网络中,只要采用了相同或相类似的网络拓扑,就有可能出现此类问题。

综上所述,造成 WSN 瓶颈节点的原因主要有两类:

- (1)由于现有协议标准和技术的限制,造成节点数据传输速率低,从而形成瓶颈节点;
- (2)由于网络的拓扑结构而形成的瓶颈节点。

2 瓶颈问题的解决方案研究

针对第一部分分析,解决瓶颈节点的方法有如下的思路:(1)采用高速的无线传输协议;(2)减少数据的传输量。结合当前的研究现状,下面就这 2 个思路进行分析,并提出解决瓶颈节点的方案。

2.1 采用高速的无线传输协议

IEEE 802.15.4 的设计目标就是为组建低数据传输率、低能耗和低复杂度短距离射频传输的无线个域网。因此,采用 802.15.4 的网络,其数据传输速率将会限制在 250 Kb/s 以下。若采用其他的无线传输方式,如 IEEE 802.11a/b/g/n 等,其传输速率会有极大的提升。但是,受到无线传感器节点的能量和运算能力的限制,在每个节点上使用 IEEE 802.11 协议是不现实的。另一方面,由于通信标准的不同,各种通信协议不能相互通信,因此,要保证相邻的 2 个通信节点使用相同的通信协议。

解决这一问题的办法就是使用网关节点,或者将汇聚节点设置为网关节点,这样可以很好地解决汇聚节点成为瓶颈节点的问题。在汇聚节点或者是网关节点中,应当设置双协议栈进行协议转换。将 IEEE 802.15.4 转换为其他的具有较高传输速度的协议。其解决方案如图 4 所示。

2.2 减少数据传输量

减少数据的传输量是目前 WSN 研究的一个重点,关于这方面的研究很多,主要分为两类:数据压缩和数据融合。其中,数据压缩是将采集到的数据,在不影响数

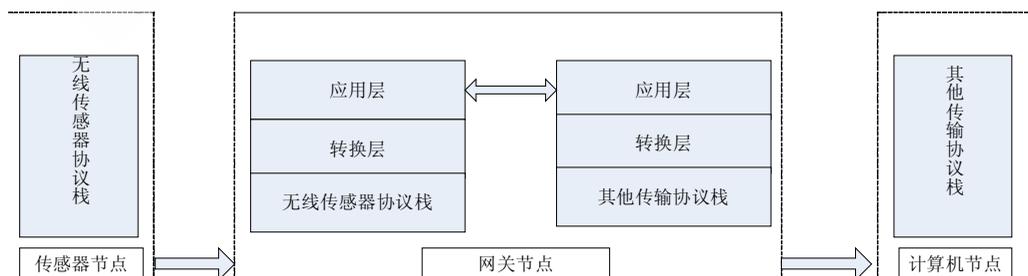


图 4 设置网关节点的 WSN 的网络结构

据精度或在可以接受的阈值范围内,对数据进行有损或无损压缩;数据融合是将多个传感器采集到的数据,按照一定的规则进行筛选或者将相似度较高的数据按照一定的规则进行融合,从而减少数据的传输量。在实际应用中,许多分簇算法都将数据压缩和数据融合技术结合在一起以提高效率和效果。

通过数据压缩和数据融合技术可以在不影响精度的情况下减少数据量,对提高网络的性能有一定的帮助,在本解决方案中,在WSN分簇内采用数据压缩和数据融合技术来对数据进行约简。

2.3 数据的选择传输

数据压缩和数据融合只能在不改变原来数据属性和在可以接受的精度范围内将数据量尽可能地减少。但是,当出现传感器网络内节点的数据量长时间都较大时,数据压缩和数据融合技术只能有限地减少数据量,经过压缩和融合后的数据还是超出簇头节点或汇聚节点的处理能力范围,则在簇头节点或汇聚节点就会出现大量的数据积压,当存储的数据量大于节点的内存时,就会出现丢包的现象,这样网络的性能就会急剧下降。

解决这类问题的方法是采用选择传输数据的方法。簇头节点或汇聚节点根据数据的优先级或系统的兴趣来选择要传输的数据进行优先传输,其他的数据则设置时间限制,当时间超过时限,则丢弃该数据包,由上层协议控制数据的重传。

基于优先级的数据选择适合于数据的上传,其实时性较高。其具体实施方法是:在建立传感器网络时,在每个节点内存储1个优先级表。优先级表是根据WSN具体的应用环境进行设定的,在网络进行配置和部署时发送到每个传感器节点内,传感器根据优先级表设定数据的优先级,将优先级标识在数据包的头部,簇头节点或汇聚节点根据数据包头部的优先级进行

表1 优先级表

优先级	数据特征
高	{数据特征集}
中	{数据特征集}
低	{数据特征集}

选择。优先级表的数据结构如表1所示。基于兴趣的数据选择适合数据的查询网络,其优点是能将系统最需要的数据传送到汇聚节点。借鉴定向扩散协议^[5]的思想,其实现方式是:系统主控机定期地向各级汇聚节点广播兴趣表(各级汇聚节点内存储有兴趣表)。当数据量过大时,汇聚节点将查询兴趣表,将收到的数据分为两类,一类是符合兴趣表要求的数据,一类是不符合兴趣表要求的数据。其中符合兴趣表要求的数据优先传送,不符合

兴趣表要求的数据则在节点内存不足时丢弃,再由应用层协议控制选择是否重传。兴趣表的数据结构如表2所示。

表2 兴趣表

兴趣	数据特征
兴趣1	{数据特征集}
兴趣2	{数据特征集}
兴趣3	{数据特征集}
...	...

汇聚节点的数据选择流程图如图5所示。

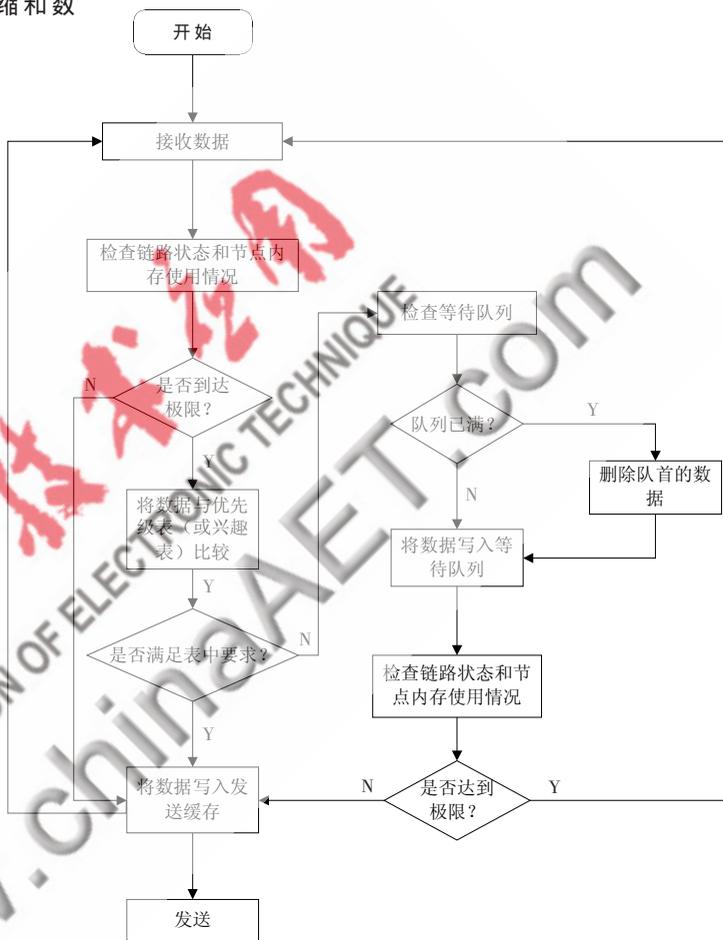


图5 汇聚节点的数据选择流程图

3 瓶颈节点解决方案

通过第2部分的分析和研究,可以总结出解决瓶颈节点的一般方案。其流程图如图6所示。当传感器节点采集到数据后,先进行簇内数据的压缩和融合,再将数据传输到簇头节点,当簇头节点收到的数据超出其处理能力时,根据优先级或兴趣对数据进行选择。选择后将数据传输至上层节点,在第1层设置网关节点,网关节点接收下层汇聚节点传输来的数据,进行转换后使用高速的协议将数据传输到主控计算机。这样,网络的数据传输效率就会有很大的提高。

本文通过对常用的无线传感器网络的拓扑进行分析,指出其容易出现数据传输瓶颈节点的原因,并根据现有的数据压缩和数据融合技术,结合数据的选择,提

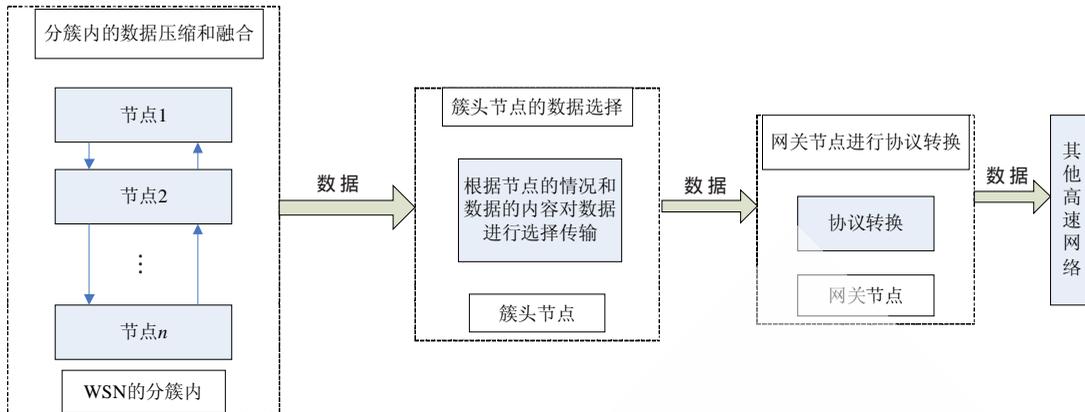


图6 瓶颈节点解决方案图

出了解决瓶颈节点的一般化方案,对解决实际中的瓶颈节点有一定的指导意义。下一步的工作是将此解决方案与路由协议相结合,并根据实际的应用对解决方案进行改进。

参考文献

- [1] SHI Z L, JING Y L, YAN J F. ZigBee based wireless sensor networks and its applications in Industrial [C]. 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics, 2007:1979-1983.
- [2] 李晓维,徐勇军,任丰原.无线传感器网络技术[M].北京:北京理工大学出版社,2007.
- [3] IEEE standard for information technology-telecommunications and information exchange between systems -local and

metropolitan area networks-Specific requirements Part 15.4: wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (WPANs). IEEE Std 802.15.4-2006 (Revision of IEEE Std 802.15.4-2003), 2006:0_1-305.

- [4] 田乐,谢东亮,韩冰,等.无线传感器网络中瓶颈节点的研究[J].软件学报,2006,17(4):830-837.
- [5] INTANACONWIWAT C, GOVINDAN R, ESTRIN D. Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks[C]. Proceedings of the 6th annual international conference on mobile computing and networking. ACM: Boston, Massachusetts, United States, 2000.

(收稿日期:2009-03-01)