

一种能量感知无线传感器网络可靠协议研究

杨显辉^{1,2}, 任洪娥¹, 景维鹏¹

(1 东北林业大学 信息与计算机工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040;

2 黑龙江省招生考试委员会办公室, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 针对无线传感器网络协议中可靠性及能量有效性, 提出能量感知的无线传感器网络可靠路由 EARRP. EARRP 通过本地节点选择、路径预留和路径延迟广播来减少由于路径不可达带来的重传, 进而提供一个可依赖的传输环境. 仿真实验表明 EARRP 优于在汇聚节点和感应节点之间建立有效路径的传统的方法可以有效利用节点的剩余能量和有限存储资源. 同时可以均匀的分配传输路径, 进而实现节能目的.

关键词: 可靠性; 能量有效性; 路径预留

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)08-0194-03

A Novel Reliable Energy Aware Routing in Wireless Sensor Networks

YANG Xian-hui, RENG Hong-e, JING Wei-peng

(1 College of Information and Computer Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;

2 Heilongjiang Province Recruit Students Exam Committee office, Harbin 150001, China)

Abstract: A major concern in the design of WSN protocols, including those concerned with reliability, is energy efficiency. We present a novel reliable energy aware routing protocol. EARRP (Energy Aware Reliable Routing Protocol) introduces local node selection, path reservation and path request broadcasting delay to provide a reliable transmission environment to reduce retransmissions caused by unstable paths. The scheme efficiently utilizes the limited energy and available memory resources of sensor nodes. Simulation experiments show that special path request flooding, and also by distributing the traffic load more evenly in the network.

Key words: reliability; energy efficiency; path reservation

1 引言

由于 WSN 网络的特点, WSN 的能量及可靠性成为设计路由协议重要的两个内容. 为了更好提高可靠性, 一些基于多路径路由技术相继被提出来. 文献[1-2]则通过在源节点与目的节点之间 k 重多路径方式并将数据包分成不同子数据包进行传输, 实现系统容错性. 其弊端是受各种因素影响, 多个数据子包不能保证同时到达目的节点甚至有的数据子包不能到达, 这增加重新封装数据包的难度, 加大能量消耗. 在文献[3-5]中, 路由协议从数据源节点开始,

就综合考虑可靠性需求、信道质量以及传感器节点到 Sink 节点的跳数、距离等因素, 从而确定需要的传输路径数目和下一跳节点数目及对应的节点. 由于过多的节点参与倒数据传输过程, 多路径算法最大的缺陷在于网路的生命周期较短因而不适用于某些部署困难的传感器网络. 文中提出的 EARRP 协议通过有效利用节点的剩余能量和有限存储资源, 提高协议容错性能.

2 EARRP 协议

EARRP 协议按照功能和结构将无线传感器网

收稿日期: 2010-05-13; 修回日期: 2010-06-15

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(DL09BB04); 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11553022); 东北林业大学青年基金(09033)

络中的节点分为三类: Sink 节点、中间节点、目标节点. EARRP 结点中引入唯一的节点标识符 ID.

2.1 主路径建立

路径选择是由汇聚节点发起的,而不是中间节点和源节点. 对于任意的源节点都需要建立服务路径与备份路径. 服务路径的建立过程由汇聚节点向其邻居节点广播服务路径请求信息 (SPQ) 开始, 服务路径请求信息中包含目标源节点的信息, 生存周期 (TTL), 以及在路由表中间节点的 ID.

EARRP 使用路径请求泛洪的方法从源节点发现路径. 本地路径广播的特点决定泛洪后得到路径是时间最短路径而非能量最优路径, 解决的方法是广播在中间节点传播过程中加入有效能量 (E_{ava}), 因而在 EARRP 协议路径广播延迟是一个重要参数 pr , 当中间节点收到路径寻找广播后, 它不立即广播该消息, 而是首先检查自身的有效能量 E_{ava} , 如果有效能量少于运行能量 (两倍数据传输能量), 意味着该节点不能完成数据的传输工作, 将丢弃收到的消息. 使用式 (1) 计算 pr .

$$pr = k/E_{ava} + a \quad (1)$$

这里 k 和 a 分别两个能量参数, 如式 (2) 与 (3) 所示:

$$k = (E_i * pr_{max} * E_{ava min}) / (E_i - E_{ava min}) \quad (2)$$

$$a = - (pr_{max} * E_{ava min}) / (E_i - E_{ava min}) \quad (3)$$

由式 (1) 可以看到当 $pr = 0$ 时, 节点的有效能量 $E_{ava max}$ ($E_{ava max} = E_i$) 取得最大值. 即 $pr = 0$ 意味着节点有最大的有效能量 E_i . 而当 $pr = pr_{max}$ 时, 节点的有效能量 $E_{ava max}$ 取得最小. 即 $pr = pr_{max}$ 意味着节点有有效能量最小. 另外 pr_{max} 针对不同的网络应用环境设置的值有所不同. 如果传感器网络中的两个中间节点 a 与 b 都收到了由 Sink 节点在同一时间发送的路径请求消息, 假定 $E_a > E_b$, 因此 a 能够更快的发送消息请求到源节点. 源节点从第一个收到的请求信息中获取路径. 这一路径就是源节点与目的节点之间的最优路径.

2.2 路径存储

EARRP 通过路径存储的方法来减少节点能量消耗. 路径存储与能量有着直接的关系, 通过估算源节点的数据通讯量, 它将产生一个包含节点备份能量 (E_{resv}) 的路径存储数据包 PRR. 在链路上的中间节点将保存与 E_{resv} 相等的能量以保证该链路的正常通讯. 能量的保存是 pr 的关键因素. 这种存储机制将产生大量的路径来共享源节点. 一旦路径建立完毕, 则该路径上节点的 pr 值将变大, 因此链路将

摒弃改节点从而利用其他能量值较大的节点作为通讯中间节点.

2.3 副版本路径

副版本路径的建立是为了有效的保护服务路径, 一旦服务路径出现断链, 传输任务会马上在备份路径上进行数据的传输, 直到新的路径建立后. 这种备份路径的使用减少了数据包传递的时延, 并使内存的使用在一个可以接受的范围内. 主路径与副版本路径建立的差别在于仅仅是中间节点的子集参与副版本路径的建立, 并且已经在服务路径上的节点不会发送副版本路径广播请求. 对每个数据源而言, 两条路径分别被建立起来, 但在进行数据通讯过程中只使用唯一的服务路径. 由于源节点为每个数据包指示传输路径, 因而这种切换是动态的、无缝的.

2.4 可靠传输

EARRP 提供的可靠传输与其他可靠的传输环境相同. 发送端是通过 ACK 数据包来确定接收端是否完整收到发送的数据, 如果超时, 错误数据包将产生, 并被传回源节点, 这样数据将在副版本路径重新传输. 在 EARRP 中不对 NACK 展开, 一旦传输任务失败是由于接收节点死亡导致的, 那么源节点将无法获取合理的路径, 因而 NACK 也是无用的. Sink 节点使用 NACK 来检测接收到的按顺序的不间断数据.

2.5 储存能量释放

当发送节点没有在超时时间内收到接收节点发送的 ACK, 则链路或节点出现问题. 发送节点将产生错误消息, 并对其进行广播. 广播消息包括 broke_path_ID 和未成功传输数据包. 断链上的中间节点收到广播的消息后将取消保存的断链路由信息, 释放保存能量. EARRP 没有采用路径缓存与本地修复的机制. 这是由于节点路径的选择是以节点有效能量为依据进行的, 在路径的选择上, 所有的节点和路径互相影响.

3 性能分析

使用 OPNET 进行模拟仿真测试. 对 EARRP 与文献 [6] DECDC 协议进行比较.

为了简化仿真过程, 做如下假设: (1) 在不影响结果的前提下将数据包的大小设为 54bytes, (2) 不考虑数据包自身的损坏, 节点或链路问题是重传的唯一原因. (3) 在实验环境中只考虑数据传输与接收所消耗的能量, 忽略 A/D, 感侧的耗能. (4) 假定 Sink 节点与 4 个源节点的能量是无限的, 不对其能

量进行仿真分析。

使用以下参数来对 EARRP 与传统的路由机制进行比较进行性能的测试。

(1) 数据传输率

数据传输率是衡量无线传感器网络的关键性能,如式(4)所示

$$V_{rat} = \text{Data}_{su} / \text{Data}_{req} \quad (4)$$

(2) 控制报文

EARRP 的控制报文包含路径请求与路径存储请求,控制报文消息较少,因而其算法的性能较。

(3) 使用路径

EARRP 中存储路径是被计算在内的. 与控制报文一样使用路径也是衡量 WSN 网络的重要参数,使用的路径越少,网络的性能越优良。

(4) 能量消耗率

某些节点死亡的早于其他节点,这可能由于这些节点更接近与 Sink 或是源节点,能量消耗率越低说明该网络有着更好的连通性和更长的存活期。如式(5)所示

$$E_{deprat} = \text{Num}_{dead} / \text{Num}_{total} \quad (5)$$

4 仿真结果分析

分别对部署的 20, 30, 40, 50, 60 个中间节点的不同密度的仿真环境进行。

数据传输率是衡量网络性能的直接因素。从图 1、图 2 可以看到, EARRP 提供了更高的传输速率。在一般情况下, 与传统路由机制比提高了 10% ~ 20%。同时注意到随着数据传输率起始能量 E_i 的增加, 数据传输率有了较大的提高。

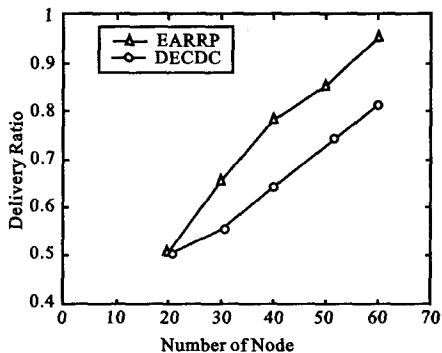


图 1 $E_i = 0.2J$

为了更好的说明存储能量有效作用, 对传输过程的细节进行分析, 如图 3 中所示。在 Sink 节点和源节点之间已建立了多条服务路径, 分析过程开始于 50% 数据传输后, 结束于 95% 数据传输完毕, 使

用 EARRP 网络中体现了良好的性能。

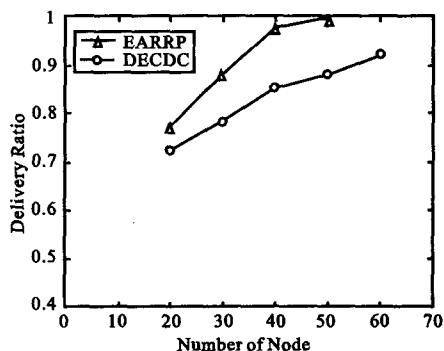


图 2 $E_i = 0.5J$

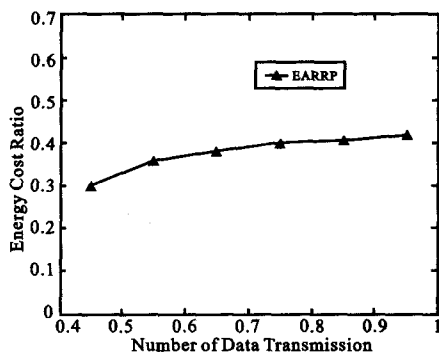


图 3 数据传输量与能耗

5 结束语

文中提出了基于有效的可靠路由算法 EARRP, 通过备份路径的建立避免了重传的时间延迟, 进而节约能量。实验证明与传统路由机制相比 EARRP 减少能量消耗, 具有良好稳定性及可扩展性。

参考文献:

- [1] Intanagonwiwat C, Govindan R, Estrin D. Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks[C]// Proc. Sixth Annual International Conference on Mobile Computing and Networks. Boston: ACM, 2000.
- [2] Nasipuri, Das S. On-demand multipath routing for mobile Ad hoc networks[C]// proceeding of IC3N 99. Boston, 1999.
- [3] Rangarajan H, Garcia-Luna-Aceves J J. Reliable data delivery in event-driven wireless sensor networks[C]// Proceedings of ISCC. Alexandria, 2004(1):232-237.
- [4] Biagioni E, Chen S. A reliability layer for Ad-Hoc wireless sensor network routing[C]// Proceedings of the 37th International Conference on System Science. Hawaii, 2004:300-307.

(下转第 200 页)

到的服务组合如下:

purchase Ticket Service(get Game Num Service (team1, team2), payment (cardNum, password), ticketNum).

根据得到的服务组合,生成客户端程序,用户输入相应的输入参数的值(team1:南非, team2:墨西哥, cardNum: 12345, password: 123, ticketNum: 3),再运行客户端程序,就能得到结果,完成购票业务.

5 结束语

文中提出了一种基于本体的 Web 服务组合框架,使用 SAWSDL 来给 WSDL 文件添加语义标注,以 OWL^[11]作为本件建模语言,采用 Protege 建立领域本体,概念匹配中使用 Jena 和 SPARQL 语言来推理.

本框架的优点:

(1) 匹配过程中使用了本体技术,使得查准率和查全率都有所提高.

(2) 根据输入和输出参数来动态确定服务组合,这样比直接用 UDDI 查询的灵活性大大提高,并且提供自动服务组合的能力.

(3) 对普通的 WSDL 文件进行扩展,可以跟原有系统良好兼容,不用做很大的改动.

缺点是当服务匹配库中的服务数量很多时,效率就会比较低;而且由于匹配中没用涉及到服务的前置条件(Preconditons)和效果(Effects),查询到的 Web 服务,不一定完全符合用户的需求;由于在服务组合时 Qos 模型建立起来比较困难,此框架并没有考虑服务的 Qos 约束;另外此模型对概念匹配的推理只有使用了包含关系.今后可以进一步的加入更复杂的推理机制,从而更大程度上发挥 OWL 的推理能力,并进一步完善此框架.

参考文献:

- [1] 李景霞,侯紫峰. Web 服务组合综述[J]. 计算机研究应用,2005,5(12):4-7.
- [2] 汪清明. 基于领域本体的 Web 服务动态组合模型[J]. 计算机应用,2009,7(7):1957-1959.
- [3] 李曼,王大治,杜小勇,等. 基于领域本体的 Web 服务动态组合[J]. 计算机学报, 2005, 28(4): 644-650.
- [4] 付燕宁,刘磊,金成植. 基于服务链的 Web 服务组合方法[J]. 通讯学报, 2007, 28(7): 92-97.
- [5] Stanford University. Protege user documentation[EB/OL]. [2009-10-11]. <http://protege.stanford.edu/doc/users.html>.
- [6] Joel Farrell, Holger Lausen. Semantic annotations for WSDL and XML schema[EB/OL]. [2007-08-28]. www.w3.org/TR/Swaddl.
- [7] Paolucci M, Kawamura T, Payne T R, et al. Semantic matching of web services capabilities[C]// Proceedings of the First International Semantic Web Conference on The Semantic Web (ISWC). Berlin: Heidelberg, 2002: 333-347.
- [8] Eric Prud'hommeaux, Andy Seaborne, Hewlett-Packard Laboratories, Bristol. SPARQL query language for RDF. [EB/OL]. [2008-01-15]. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.
- [9] Deepal Jayasinghe. 使用 Axis2 进行 SOA 开发[EB/OL]. [2006-12-28]. <http://www.ibm.com>.
- [10] 韩永国,孙世新. 动态服务组合构造与最优组合服务算法研究[J]. 计算机科学, 2005, 32(12): 104-105.
- [11] Michael K Smith, Chris Welty, Deborah L. McGuinness. OWL web ontology language guide[EB/OL]. [2004-02-10]. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>.

作者简介:

闫志刚 男, (1985-), 硕士研究生. 研究方向为面向服务的计算.

胡海涛 男, (1973-), 博士, 硕士生导师. 研究方向为软件集成、服务网格、面向服务计算.

(上接第 196 页)

- [5] Gnawali O, Yarvis M, Heidemann J, et al. Interaction of retransmission, blacklisting, and routing metrics for reliability in sensor network routing[C]// Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, First Annual IEEE Communications Society Conference (SECON). Santa Clara, 2004: 34-43.
- [6] Jing Weipeng, Liu Yaqiu, DECD: An energy-aware route protocol for wireless sensor networks[C]// 2nd International Symposium on Systems and Control in Aerospace

and Astronautics. China: Shenzhen, 2008.

作者简介:

杨显辉 男, (1980-), 硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络.

任洪娥 女, (1962-), 教授, 博士生导师. 研究方向为模式识别与智能控制、现代信息技术与信息安全等.

景维鹏 男, (1979-), 讲师. 研究方向为移动计算、容错计算等.