



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112134799 B

(45) 授权公告日 2022.03.25

(21) 申请号 201910555651.X

H04W 40/02 (2009.01)

(22) 申请日 2019.06.25

H04W 40/12 (2009.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H04W 84/18 (2009.01)

申请公布号 CN 112134799 A

G16Y 10/75 (2020.01)

H04L 67/12 (2022.01)

(43) 申请公布日 2020.12.25

(56) 对比文件

(73) 专利权人 佛山科学技术学院

CN 104053175 A, 2014.09.17

地址 528000 广东省佛山市南海区狮山镇

CN 105515044 A, 2016.04.20

广云路33号

CN 108112048 A, 2018.06.01

(72) 发明人 郝志峰 叶维彰 王金海 刘翔宇

CN 103200616 A, 2013.07.10

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有

CN 108092892 A, 2018.05.29

限公司 44205

US 2019132709 A1, 2019.05.02

代理人 蔡伟杰

郭凯. “基于多属性决策的机会传感网络关键节点预测”.《南昌航空大学硕士学位论文》.2017,全文.

(51) Int. Cl.

审查员 王勇

H04L 45/12 (2022.01)

H04L 45/48 (2022.01)

H04L 45/00 (2022.01)

权利要求书3页 说明书19页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法及系统

(57) 摘要

本公开公开了一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法及系统,在本公开的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法的第一阶段,创建DFS以搜索所有简单路由。在第二阶段,基于成对比较的AHP适用于分析需要考虑的定性和定量因素,以提高物联网系统技术的体验质量。此外,获得这些因素的相关权重,以使本公开的方法能够关注那些在资源有限的环境中优先改进的因素。在第三阶段,基于从AHP导出的权重的TOPSIS用于在从所提出的DFS获得的所有简单路由中选择具有最佳相似性度量的路由,系统有效地降低功耗和提高成功的信号传输概率来提高物联网服务质量,降低了拓扑的运行时间消耗代价从而节约了能耗,从而提供更好的物联网环境。



1. 一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法,其特征在于,所述方法输入为具有源节点0和汇聚节点物联网的WSN网络拓扑图;所述方法输出为从节点0到具有最高相似性度量值的汇聚节点的最佳路由;所述方法包括以下步骤:

步骤1,使用DFS搜索所有简单路由,并将 N_a 作为简单路由的数量,所述简单路由为没有冗余弧的路由;

步骤2,为 $k=1,2,\dots,N_e$ 的每个专家构建成对比较矩阵 $C_k = [c_{i,j}^{(k)}]_{N_c}$,其中 N_c 和 N_e 分别是标准和专家的数量;

步骤3,将 C_k 聚合成成对比较矩阵 $C = [c_{i,j}]_{N_c}$,其中, $c_{i,j} = \sqrt[N_e]{\prod_{k=1}^{N_e} c_{i,j}^{(k)}}$;

步骤4,根据 $c'_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{k=1}^{N_c} c_{i,k}}$ 将C归一化为C';

步骤5,基于 $w_i = \frac{\sum_j c'_{i,j}}{N_c}$ 确定第j个属性的相对权重 w_j ,其中 $j=1,2,\dots,N_c$;

步骤6,构建决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$,其中,决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$ 由备选方案和标准组成,元素 $x_{i,j}$ 是标准中的备选方案的等级, $i=1,2,\dots,N_a$ 和 $j=1,2,\dots,N_c$,每个备选方案是从步骤1获得的简单路由;

步骤7,基于 $y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_a} x_{i,j}^2}}$ 由X构建归一化的新决策矩阵 $Y = [y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

步骤8,根据 $z_{i,j} = w_j \cdot y_{i,j}$ 建立加权归一化决策矩阵 $Z = [z_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

步骤9,确定PIS $Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_{N_c}^+)$ 和NIS $Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_{N_c}^-)$, z_j^+ 和 z_j^- 分别是标准获得的最佳和最差解, $j=1,2,\dots,N_c$;

步骤10,基于 $d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^+)^2}$ 和 $d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^-)^2}$ 计算 $i=1,2,\dots,N_a$ 的 d_i^+ 和 d_i^- ;

步骤11,基于 $s_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$ 计算 $i=1,2,\dots,N_a$ 的相似性度量 s_i ;

步骤12,找到具有最高相似性度量值的路由作为最佳路由输出。

2. 根据权利要求1所述的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法,其特征在于,在步骤1中,使用DFS搜索所有简单路由的方法为:通过WSN的各个节点的初始路由的拓扑图生成DFS树,让DFS树中的所有层从1开始编号,DFS树在源节点处开始,在搜索期间为每个分支执行以下三个步骤:

步骤1.1,后代分支步骤:

- 步骤1.1a. 选择并将未访问的后代节点添加到当前路径中的最后一个节点；
- 步骤1.1b. 如果在该步骤中不能选择未访问的节点，则转到步骤1.2兄弟分支步骤；
- 步骤1.1c. 如果后代节点是汇聚节点，则找到简单的路由；保存序列中的所有祖先的节点，这是找到的简单路由，然后转到步骤1.3父分支步骤；
- 步骤1.2, 兄弟分支步骤：
 - 步骤1.2a. 将当前路径中的最后一个节点替换为其未访问的兄弟节点之一，并返回到步骤1.1后代分支步骤；
 - 步骤1.2b. 如果在该步骤中不能选择未访问的兄弟节点，则转到步骤1.3父分支步骤；
- 步骤1.3, 父分支步骤：
 - 步骤1.3a. 返回到当前节点的父节点并继续转到步骤1.2兄弟分支步骤；
 - 步骤1.3b. 如果没有父节点，即当前节点是源节点则停止。

3. 根据权利要求1所述的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法，其特征在于，在步骤1中，使用DFS搜索所有简单路由的方法为：通过Dijkstra方法获取节点之间弧的最短路径作为简单路由。

4. 根据权利要求1所述的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法，其特征在于，在步骤3中，将 C_k 聚合成成对比较矩阵 $C = [c_{ij}]_{N_c}$ 的方法为：将聚合的成对比较矩阵 C 归一化为

$$C' = [c'_{i,j}]_{N_c} :$$

$$C' = \begin{bmatrix} 1 & c'_{1,2} & \dots & c'_{1,N_c} \\ c'_{2,1} & 1 & \dots & c'_{2,N_c} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c'_{N_c,1} & c'_{N_c,2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ 其中, } c'_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{k=1}^{N_c} c_{i,k}} .$$

5. 根据权利要求1所述的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法，其特征在于，在步骤5中，确定第j个属性的相对权重的方法为，计算权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_{N_c})$ 由标准 C_j 的权重 w_j 组成，其中 $i = 1, 2, \dots, N_c$ ，其中：

$$\sum_{j=1}^{N_c} w_j = 1 .$$

6. 根据权利要求1所述的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法，其特征在于，在步骤

6中，所述决策矩阵 X 由备选方案和标准方案组成，具体为 $X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,N_c} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,N_c} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{N_a,1} & x_{N_a,2} & \dots & x_{N_a,N_c} \end{bmatrix}$ 其中的

元素 $x_{i,j}$ 是标准 C_j 中的备选方案 A_i 的等级， $i = 1, 2, \dots, N_a$ ， $j = 1, 2, \dots, N_c$ 。

7. 一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统，其特征在于，所述系统包括：存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序运行在所述系统的以下单元中：

简单路由搜索单元，用于使用DFS搜索所有简单路由，并将 N_a 作为简单路由的数量，所述简单路由为没有冗余弧的路由；

比较矩阵构建单元，用于为 $k = 1, 2, \dots, N_c$ 的每个专家构建成对比较矩阵 $C_k = [c_{i,j}^{(k)}]_{N_c}$ ，其

中 N_c 和 N_e 分别是标准和专家的数量；

比较矩阵聚合单元,用于将 C_k 聚合成成对比较矩阵 $C = [c_{ij}]_{N_c}$,其中, $c_{i,j} = \sqrt[N_e]{\prod_{k=1}^{N_e} c_{i,j}^{(k)}}$;

比较矩阵归一化单元,用于根据 $c'_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{k=1}^{N_c} c_{i,k}}$ 将 C 归一化为 C' ;

相对权重计算单元,用于基于 $w_i = \frac{\sum_j c'_{i,j}}{N_c}$ 确定第 j 个属性的相对权重 w_j ,其中 $j=1, 2, \dots, N_c$;

$2, \dots, N_c$;

决策矩阵构建单元,用于构建决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$,其中,决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$ 由备选方案和标准组成,元素 $x_{i,j}$ 是标准中的备选方案的等级, $i=1, 2, \dots, N_a$ 和 $j=1, 2, \dots, N_c$,每个备选方案是从简单路由搜索单元获得的简单路由;

新决策矩阵重构单元,用于基于 $y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_a} x_{i,j}^2}}$ 由 X 构建归一化的新决策矩阵 $Y = [y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

$[y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

决策矩阵归一化单元,用于根据 $z_{i,j} = w_j \cdot y_{i,j}$ 建立加权归一化决策矩阵 $Z = [z_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

正负理想值确定单元,用于确定PIS $Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_{N_c}^+)$ 和NIS $Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_{N_c}^-)$, z_j^+ 和 z_j^- 分别是标准获得的最佳和最差解, $j=1, 2, \dots, N_c$;

欧式距离计算单元,用于基于 $d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^+)^2}$ 和 $d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^-)^2}$ 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的 d_i^+ 和 d_i^- ;

N_a 的 d_i^+ 和 d_i^- ;

相似性度量计算单元,用于基于 $s_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$ 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的相似性度量 s_i ;

最佳路由获取单元,用于找到具有最高相似性度量值的路由作为最佳路由输出。

一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法及系统

技术领域

[0001] 本公开涉及计算机网络拓扑、计算机网络路由技术领域,具体涉及一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法及系统。

背景技术

[0002] 近年来,物联网通过众多利用无线信号相互通信的智能传感器,实现了日常生活中使用的许多设备的简单,智能和高效连接。物联网的快速发展是传感技术最近取得的进步。物联网(IoT)在日常生活和现实应用的许多元素之间提供简单且无处不在的网络[1, 2]。它是互联物体的智能网络,例如设备,建筑物,车辆和其他物品。为了采样,收集,感知,分析和交换数据,这些物联网对象嵌入了电子设备,软件,传感器等,以提高生产效率并提供更有效的资源消耗[1-3]。低成本,低功耗,紧凑尺寸和开放式标准传感器堆栈使得即使是安装在任何环境中的最小物体也能以合理的成本包含在物联网中[3-15]。由大量无线传感器组成的无线传感器网络(WSN)是物联网的核心,用于收集信号并允许物体之间的通信,因为它们在有线网络上具有更大的灵活性[3,5-7,9-11,13,15-23,32]。因此,功能强大且价格低廉的智能设备的可用性允许优化信息管理,测量结果共享和服务质量改进[3-15]。

[0003] 在WSN的拓扑结构中,节点是传感器,而弧是通信链路。每个节点都是一个基本单元,代表一个具有嵌入式处理器,内存,无线接口和本地自治电源的设备。节点能够收集诸如热,光,声音,位置或运动之类的信号,并且可以使用本地无线接口传送此信息以进一步聚合和处理[3,5-7,9-11,13,15-23]。例如,节点可以是具有加速度计,陀螺仪,磁力计, GPS,气压计,温度传感器,接近传感器,环境光传感器等的智能手机。无线传感器网络中设备的传感能力也可能不时得到改善[3,5-7,9-11,13,15-23]。从用户的角度来看,服务质量是指来自系统或用户的响应,消息或信号是否能够随时随地可靠,准确,经济,高效和有效地到达目的地[3-15]。因此,识别影响信号传输概率和功耗的重要因素非常重要,以便使物联网中的智能传感器网络更可靠,寿命更长[3-15]。路由是通过WSN中的源节点到汇聚节点的一系列节点和弧,使用Wi-Fi,蓝牙,NFC,ZigBee,红外,4G/LTE,线程或空白电视技术转发信号的过程[3,5-7,9-11,13,15-18]。从源节点到接收器的一系列节点和弧称为路由路径[3,5,7,9-11,13,15-23],并显示应用程序的端点如何响应客户端请求,例如节点之间的路由因此在提高服务质量方面起着重要作用。六个因素,可靠性[16-23],能耗[5-8],传输时间[3,9],信号传输质量(包括强度和准确率)[10],覆盖率[11-13],因此,本公开考虑了使用成本[15],以构建整数规划模型,以提高物联网系统技术的服务质量。

[0004] 电池供电的智能传感器或设备,如BLE信标,智能穿戴,停车传感器,电话,笔记本电脑等,是非常方便,流行且常见的WSN设备,允许对象进行交互,这是物联网的主要目标[3-9]。在确定哪些设备和设备组合以及在物联网无线传感器网络中使用哪些通信技术时,电池寿命是主要考虑因素,因为电池寿命会影响节点(设备)的寿命,从而影响整个网络[3-9]。例如,蓝牙4.0使用轻量级访问方法提供超低功耗待机模式操作,以确保在待机

和工作模式下都能实现极低的功耗[3]。

[0005] 因此,本公开通过提出一种在实践中理解和管理问题的系统方法,着重于从实际应用中得出的上述多目标问题。本公开提出的问题解决方法基于一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法:深度优先搜索技术(DFS) [21,22],最初来自图论,分析层次过程(AHP) [24-31],以及逼近理想解排序法(TOPSIS) [29-31]。

[0006] 本公开的“[]”符号为本技术的方案的参考文献,“[-]”中的“-”为以下的多个连续的参考文献,例如[30-32]为参见参考文献[30]、[31]和[32],[1,2]为参见参考文献[1]和[2]。

[0007] [1]“Internet of Things (IoT)”,gatewaytechnolabs.com.

[0008] [2]“Internet of Things:Wireless Sensor Networks”,IEC.

[0009] [3]A.Ali;Y.Ming;S.Chakraborty;S.Iram(2017)A Comprehensive Survey on Real-Time Applications of WSN.Future Internet 9(4):77;doi:10.3390/fi9040077.

[0010] [4]C.L.Hsu;C.C.Judy(2016).An empirical examination of consumer adoption of Internet of Things services:Network externalities and concern for information privacy perspectives. Computers in Human Behavior 62:516-527.

[0011] [5]T.Mekonnen;P.A.Porambage,P.;E.Harjula;M.Ylianttila(2017)Energy Consumption Analysis of High Quality Multi-Tier Wireless Multimedia Sensor Network.IEEE Access 5:15848-15858.

[0012] [6]P.Chanak;I.Banerjee;H.Rahaman(2015)Load management scheme for energy holes reduction in wireless sensor networks.Computers and Electrical Engineering 48:343-357.

[0013] [7]N.Kushalnagar;G.Montenegro;C.Schumacher(2007).IPv6over Low-Power Wireless Personal Area Networks(6LoWPANs):Overview,Assumptions,Problem Statement,and Goals.IETF. doi:10.17487/RFC4919.RFC 4919.

[0014] [8]Jussi Karlgren;Lennart Fahlén;Anders Wallberg;Pär Hansson;Olov Ståhl;Jonas Söderberg; Karl-Petter Åkesson(2008)Socially Intelligent Interfaces for Increased Energy Awareness in the Home”The Internet of Things.Lecture Notes in Computer Science.Springer 4952:263-275.

[0015] [9]P.T.A.Quang;D.S.Kim(2012)Enhancing Real-time Delivery of Gradient Routing for Industrial Wireless Sensor Networks.IEEE Transactions on Industrial Informatics,8(1):61-68.

[0016] [10]Chu,Z.;Zhou,F.;Zhu,Z.;Hu,R.Q.;Xiao,P.(2018)Wireless Powered Sensor Networks for Internet of Things:Maximum Throughput and Optimal Power Allocation.IEEE Internet of Things Journal 5(1):310-321.

[0017] [11]Lersteau,C.;Rossi,A.;Sevaux,M.(2018)Minimum energy target tracking with coverage guarantee in wireless sensor networks.European Journal of Operational Research 265:882-894.

[0018] [12]Vermesan,Ovidiu;Friess,Peter(2013).Internet of Things:Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems,Aalborg,

Denmark:River Publishers.ISBN 978-87-92982-96-4.

[0019] [13]C.-C.Lin;D.-J.Deng;C.-C.Kuo;Y.-L.Liang(2018)Optimal Charging Control of Energy Storage and Electric Vehicle of an Individual in the Internet of Energy with Energy Trading. IEEE Transactions on Industrial Informatics 14(6):2570-2578.

[0020] [14]J.Wang;N.N.Xiong;J.H.Wang;W.C.Yeh(2018)A Compact Ciphertext-Policy Attribute-Based Encryption Scheme for the Information-Centric Internet of Things,IEEE Access 6:63513-63526.

[0021] [15]C.-C.Lin;J.-W.Yang(2018)Cost-efficient Deployment of Fog Computing Systems at Logistics Centers in Industry 4.0.IEEE Transactions on Industrial Informatics 14(10): 4603-4611.

[0022] [16]M.Sajwan;K.Gosain;D.A.Sharma(2018)Hybrid energy-efficient multi-path routing for wireless sensor networks.Computers and Electrical Engineering 67:96-113.

[0023] [17]Huang,H.;Zhang,J.;Zhang,X.;Yi,B.;Fan,Q.;Li,F.(2017)EMGR:Energy-efficient multicast geographic routing in wireless sensor networks.Computer Networks 129:51-63.

[0024] [18]W.C.Yeh;J-S,Lin(2018)New Parallel Swarm Algorithm for Smart Sensor Systems Redundancy Allocation Problems in the Internet of Things, Journal of Supercomputing 74(9): 4358-4384.

[0025] [19]C.Huang(2015)A particle-based simplified swarm optimization algorithm for reliability redundancy allocation problems.Reliability Engineering&System Safety 142:221-230.

[0026] [20]Y.Feng;G.Wang(2018)Binary moth search algorithm for discounted{0-1}knapsack problem. IEEE Transactions on Evolutionary Computation 6:10708-10719.

[0027] [21]H.Pham(2007)Special issue on critical reliability challenges and practices.IEEE Transactions on Systems,Man,and Cybernetics (Part A) 37(2) 141-142.

[0028] [22]Y.Niu;Z.Gao;W.H.K.Lam(2017)A new efficient algorithm for finding all d-minimal cuts in multi-state networks”,Reliability Engineering&System Safety 166:151-163.

[0029] [23]W.C.Yeh(2017)A Squeezed Artificial Neural Network for the Symbolic Network Reliability Functions of Binary-State Networks,IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems 28(11):2822-2825.

[0030] [24]T.L Saaty;L.G.Vargas(1982)The Logic of Priorities:Applications in Business,Energy, Health,and Transportation.Boston:Kluwer-Nijhoff.ISBN 0-89838-071-5.

[0031] [25]T.L Saaty;K.Peniwati(2008).Group Decision Making:Drawing out and

Reconciling Differences. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications. ISBN 978-1-888603-08-8.

[0032] [26] P.C.Huang; L.I.Tong; W.W.Chang; W.C.Yeh (2011) A Two-Phase Algorithm for Product Part Change Utilizing AHP and PSO, Expert Systems with Applications 38 (7): 8458-8465.

[0033] [27] WC Yeh; M.-C.Chuang (2011) Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems, Expert Systems with applications 38 (4): 4244-4253

[0034] [28] W.C.Yeh; M.-C.Chuang; W.-C.Lee (2015) Uniform Parallel Machine Scheduling with Resource Consumption Constraint, Applied Mathematical Modelling 39 (8): 2131-2138.

[0035] [29] R.K.Shukla; D.Garg; A.Agarwal (2014) An integrated approach of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS in modeling supply chain coordination, Production & Manufacturing Research 2: 415-437.

[0036] [30] Žarko Radenović; Ivana Veselinović (2017) Integrated AHP-TOPSIS Method for the Assessment of Health Management Information Systems Efficiency, Economic Themes 55 (1): 121-142.

[0037] [31] Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: Springer-Verlag.

发明内容

[0038] 为解决上述问题,本公开提供了一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法及系统,改进优化了,改进优化并整合了多准则决策所提出的方法采用简单路由和两种众所周知的MCDM(多准则决策)技术的概念:层次分析法(AHP)和逼近理想解排序法(TOPSIS)。首先,使用提出的DFS获得所有简单路由,AHP用于分析问题的结构并在第二阶段获得各种选定标准的权重。在第三阶段,TOPSIS用于对简单路由进行排序。

[0039] 为了实现上述目的,根据本公开的一方面,提供一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法,所述方法包括以下步骤:

[0040] 输入:具有源节点0和汇聚节点物联网中的WSN网络拓扑图;

[0041] 输出:从节点0到具有最高相似性度量值的汇聚节点的最佳路由;

[0042] 步骤1,使用DFS搜索所有简单路由,并将 N_a 作为简单路由的数量;

[0043] 步骤2,为 $k=1, 2, \dots, N_e$ 的每个专家构建成对比较矩阵 $C_k = [c_{i,j}^{(k)}]_{N_c}$,其中 N_c 和 N_e 分别是标准和专家的数量;

[0044] 步骤3,将 C_k 聚合成对比较矩阵 $C = [c_{i,j}]_{N_c}$;

[0045] 步骤4,根据
$$c'_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{k=1}^{N_c} c_{i,k}}$$
将C归一化为C';

[0046] 步骤5, 基于 $w_j = \frac{\sum_j^{N_c} c'_{i,j}}{N_c}$ 确定第j个属性的相对权重 w_j , 其中 $j=1, 2, \dots, N_c$;

[0047] 步骤6, 构建决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$, 其中每个备选方案是从步骤1获得的简单路由;

[0048] 步骤7, 基于 $y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_a} x_{i,j}^2}}$ 由X构建归一化的新决策矩阵 $Y = [y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

[0049] 步骤8, 根据 $z_{i,j} = w_j \cdot y_{i,j}$ 建立加权归一化决策矩阵 $Z = [z_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

[0050] 步骤9, 确定PIS $Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_{N_c}^+)$ 和NIS $Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_{N_c}^-)$;

[0051] 步骤10, 基于 $d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^+)^2}$ 和 $d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^-)^2}$ 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的 d_i^+ 和 d_i^- ;

[0052] 步骤11, 基于 $s_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$ 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的相似性度量 s_i ;

[0053] 步骤12, 找到具有最大相似性度量的路由 (简单路由) 作为最佳路由输出。

[0054] 进一步地, 在步骤1中, 使用DFS搜索所有简单路由的方法为: 通过WSN的各个节点的初始路由的拓扑图生成DFS树, 让DFS树中的所有层从1开始编号, 在传统的DFS中, DFS树在源节点处开始, 在搜索期间为每个分支执行以下3个步骤:

[0055] 步骤1.1, 后代分支步骤:

[0056] 步骤1.1a. 选择并将未访问的后代节点添加到当前路径中的最后一个节点;

[0057] 步骤1.1b. 如果在该步骤中不能选择未访问的节点, 则转到步骤1.2兄弟分支步骤;

[0058] 步骤1.1c. 如果后代节点是汇聚节点, 则找到简单的路由; 保存序列中的所有祖先的节点, 这是找到的简单路由, 然后转到步骤1.3父分支步骤;

[0059] 步骤1.2, 兄弟分支步骤:

[0060] 步骤1.2a. 将当前路径中的最后一个节点替换为其未访问的兄弟节点之一, 并返回到步骤1.1后代分支步骤;

[0061] 步骤1.2b. 如果在该步骤中不能选择未访问的兄弟节点, 则转到步骤1.3父分支步骤;

[0062] 步骤1.3, 父分支步骤:

[0063] 步骤1.3a. 返回到当前节点的父节点并继续转到步骤1.2兄弟分支步骤;

[0064] 步骤1.3b. 如果没有父节点, 即当前节点是源节点则停止。

[0065] 进一步地, 在步骤1中, 使用DFS搜索所有简单路由的方法为: 通过Dijkstra方法获取节点之间弧的最短路径作为简单路由。

[0066] 进一步地,在步骤3中,将 C_k 聚合成成对比较矩阵 $C = [c_{ij}]_{N_c}$ 的方法为:将聚合的成对比较矩阵 C 归一化为 $C' = [c'_{ij}]_{N_c}$:

$$[0067] \quad C' = \begin{bmatrix} 1 & c'_{1,2} & \cdots & c'_{1,N_c} \\ c'_{2,1} & 1 & \cdots & c'_{2,N_c} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ c'_{N_c,1} & c'_{N_c,2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \text{ 其中, } c'_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{k=1}^{N_c} c_{i,k}}。$$

[0068] 进一步地,在步骤5中,确定第 j 个属性的相对权重的方法为,计算权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_{N_c})$ 由标准 C_j 的权重 w_j 组成,其中 $i=1, 2, \dots, N_c$,其中: $\sum_{j=1}^{N_c} w_j = 1$ 。

[0069] 进一步地,在步骤6中,所述决策矩阵 X 由备选方案和标准方案组成,具体为

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \cdots & x_{1,N_c} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \cdots & x_{2,N_c} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{N_a,1} & x_{N_a,2} & \cdots & x_{N_a,N_c} \end{bmatrix}, \text{ 其中的元素 } x_{i,j} \text{ 是标准 } C_j \text{ 中的备选方案 } A_i \text{ 的等级, } i=1, 2, \dots, N_a, j$$

$= 1, 2, \dots, N_c$ 。

[0070] 本公开还提供了一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统,所述系统包括:存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序运行在所述系统的以下单元中:

[0071] 简单路由搜索单元,用于使用DFS搜索所有简单路由,并将 N_a 作为简单路由的数量;

[0072] 比较矩阵构建单元,用于为 $k=1, 2, \dots, N_e$ 的每个专家构建成对比较矩阵 $C_k = [c_{ij}^{(k)}]_{N_c}$,其中 N_c 和 N_e 分别是标准和专家的数量;

[0073] 比较矩阵聚合单元,用于将 C_k 聚合成成对比较矩阵 $C = [c_{ij}]_{N_c}$;

[0074] 比较矩阵归一化单元,用于根据 $c'_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{k=1}^{N_c} c_{i,k}}$ 将 C 归一化为 C' ;

[0075] 相对权重计算单元,用于基于 $w_i = \frac{\sum_{j=1}^{N_c} c'_{i,j}}{N_c}$ 确定第 j 个属性的相对权重 w_j ,其中 $j=$

$1, 2, \dots, N_c$;

[0076] 决策矩阵构建单元,用于构建决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$,其中每个备选方案是从简单路由搜索单元获得的简单路由;

[0077] 新决策矩阵重构单元,用于基于 $y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_a} x_{i,j}^2}}$ 由 X 构建归一化的新决策矩阵 $Y =$

$[y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

[0078] 决策矩阵归一化单元,用于根据 $z_{i,j} = w_j \cdot y_{i,j}$ 建立加权归一化决策矩阵 $Z = [z_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

[0079] 正负理想值确定单元,用于确定PIS $Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_{N_c}^+)$ 和NIS $Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_{N_c}^-)$;

[0080] 欧式距离计算单元,用于基于 $d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^+)^2}$ 和 $d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^-)^2}$ 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的 d_i^+ 和 d_i^- ;

[0081] 相似性度量计算单元,用于基于 $s_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$ 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的相似性度量 s_i ;

[0082] 最佳路由获取单元,用于找到具有最大相似性度量的路由作为最佳路由输出。

[0083] 本公开的有益效果为:本公开提供一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法及系统,通过引入一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法,本公开旨在通过系统有效地降低功耗和提高成功的信号传输概率来提高物联网服务质量,降低了拓扑的运行时间消耗代价从而节约了能耗,从而提供更好的物联网环境,以提高了物联网系统技术的体验质量。

附图说明

[0084] 通过对结合附图所示出的实施方式进行详细说明,本公开的上述以及其他特征将更加明显,本公开附图中相同的参考标号表示相同或相似的元素,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图,在附图中:

[0085] 图1所示为一种WSN网络拓扑图;

[0086] 图2所示为三阶段传感拓扑方法的主干流程;

[0087] 图3所示为路径和路由拓扑示例;

[0088] 图4所示为由图1生成的部分DFS树;

[0089] 图5所示为AHP层次结构示例;

[0090] 图6所示为一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法的流程图;

[0091] 图7所示为由图1生成的DFS树;

[0092] 图8所示为本公开的一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统图。

具体实施方式

[0093] 以下将结合实施例和附图对本公开的构思、具体结构及产生的技术效果进行清楚、完整的描述,以充分地理解本公开的目的、方案和效果。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0094] 本公开的实施例考虑了一个多目标问题,以提高物联网服务质量[4],重点关注六个重要因素:可靠性[16-23],能耗[5-8],传输时间[3,9],信号传输质量(包括强度和准确率)[10],覆盖率[11-13]和使用成本[15]。

[0095] 设C,E,Q,R,S和T分别是弧e的使用成本,能耗,传输质量,可靠性,信号强度和传输时间的函数,则本公开的方法具有六个相应的目标:

$$[0096] \quad \text{Min} \quad \sum_{e \in p} C(e) \quad (1)$$

$$[0097] \quad \text{Min} \quad \sum_{e \in p} E(e) \quad (2)$$

$$[0098] \quad \text{Max} \quad \sum_{e \in p} Q(e)/|p| \quad (3)$$

$$[0099] \quad \text{Max} \quad \prod_{e \in p} R(e) \quad (4)$$

$$[0100] \quad \text{Max} \quad \sum_{e \in p} S(e)/|p| \quad (5)$$

$$[0101] \quad \text{Min} \quad \sum_{e \in p} T(e) \quad (6)$$

[0102] 其中,p为从源节点到汇聚节点的路由。如图1所示为一种WSN网络拓扑图,信号可以从图1中的节点0到1到3为第一个路由,从节点0到2到3发送为第二个路由。两个路由中的较好的必须同时使用上述六个因素来确定。

[0103] 等式(1),(2)和(6)在这个多目标问题中是最短路径问题,让C(e),E(e)或T(e)成为弧e的距离,并且它们能够使用最短路径方法解决问题,例如,Dijkstra方法,在多项式时间内,如果单独考虑这样的方程[19,20]。然而等式(3)和(5)都是NP-Hard问题[19,21],甚至被认为是独立的,因为最长的路径是NP-Hard问题,并且不能在多项式时间内求解[19],因此,传统的最短路径方法无法解决这个问题。如果在上述数学模型中从源节点到汇聚节点的所有路径都是已知的[19,21],则可以通过将每个路径代入等式(1)到等式(6)来解决这个多目标问题。遗憾的是,上述数学模型中有许多路径,它们的数量会随着问题的大小而增加[19,21]。因此,还需要一种新的,更有效的方法来解决IoT网络中的这个重要的多目标问题。此外,在多目标问题中可能存在许多非支配的解,决策者自己总是不方便且难以从所有非支配解中选择一个作为问题的答案[22-31]。

[0104] 因此,本公开提出了一种新的基于多准则决策方法的三阶段方法,克服了多目标问题中的上述障碍,提高了物联网系统技术的服务质量。

[0105] 本公开提出了一种选择最佳路由以提高物联网服务质量的方法,如图2所示,图2所示为三阶段传感拓扑方法的主干流程,该方法包括三个阶段,即改进优化并整合了传统的DFS [19,20],AHP[22-29]和TOPSIS[29-31]。本节将讨论这三个阶段的详细信息。首先,必须使用DFS找到所有简单的路由。其次,实施AHP是为了获得物联网中定性和定量因素的权重。最后,TOPSIS用于分析和优化AHP获得的权重,以便从DFS中找到的所有简单路由中找到最合适的路由,第一阶段,创建DFS以搜索所有简单路由。在第二阶段,基于成对比较的AHP适用于分析需要考虑的定性和定量因素,以提高物联网系统技术的体验质量。此外,获得这些因素的相关权重,以使本公开的方法能够关注那些在资源有限的环境中优先改进的因素。在第三阶段,基于从AHP导出的权重的TOPSIS用于在从所提出的DFS获得的所有简单路由中选择具有最佳相似性度量的路由。

[0106] 简单的路由路径和DFS:

[0107] 在图论中,路由路径是由一系列顶点连接的弧序列。例如,从节点0到节点3至少有

四条路径,图3所示为路径和路由拓扑示例。在本公开中,路由是指用于表示WSN中数据流量传递的特殊路径。

[0108] 例如,在图3的(a)中,信号可以从节点0发送到节点1到节点3,并且该传输路径是路由。在某些路由情况下,可能存在冗余弧,但是可以在不阻止从源节点到汇聚节点的传输的情况下移除这些弧,如图3的(b)中的弧 $e_{0,2}$,图3的(c)中的回路 $\{e_{1,2}, e_{2,1}\}$ 和弧 $e_{2,1}$,图3的(d)中的回路 $\{e_{1,2}, e_{2,1}\}$ 的1,所有这都可以被删除,同时仍然留下连接节点0和3的路径。为了便于区分没有冗余弧的路由和包含冗余弧的路由,没有冗余弧的路由称为简单路由。

[0109] 很明显,简单路由比非简单路由更可靠并且导致更低的功耗,因为更多的弧需要更多功率,并且降低了成功的信号传输概率[16-23]。例如,让所有弧的功率和可靠性分别为1个单位时间和0.9。表I列出了下面图3中四种路由路径的所需功率和最终可靠性:

[0110] 表I在去除冗余边前后的图3中边的功率和可靠性

		去除冗余边前		去除冗余边后	
		功率	可靠性	功率	可靠性
[0111]	图3 (a)	2	0.9^2	2	0.9^2
	图3 (b)	3	0.9^3	2	0.9^2
	图3 (c)	4	0.9^4	2	0.9^2
	图3 (d)	4	0.9^4	3	0.9^3

[0112] 因此,为了以上的问题,第一阶段必须是找到所有简单路由。可以通过DFS(深度优先搜索)或BFS(广度优先搜索)找到这些简单的路由。让DFS树中的所有层从1开始编号。在传统的DFS中,本方法中采用的DFS树在源节点处开始,在搜索期间为每个分支执行以下三个步骤:

[0113] (1) 后代分支步骤:

[0114] a. 选择并将未访问的后代节点添加到当前路径中的最后一个节点,图4所示为由图1生成的部分DFS树,例如分别在图4的(a),图4的(b)和图4的(c)中的节点1,节点2和节点3。

[0115] b. 如果在该步骤中不能选择未访问的节点,则进入兄弟分支步骤,例如图4的(d)中的第二节点3(在DFS树的第4层级中)。

[0116] c. 如果后代节点是汇聚节点,则找到简单的路由;保存序列中的所有祖先(这是找到的简单路由),然后进入父分支步骤,例如图4(c)中从节点0到1到2到3的路径,以及图4的(d)中从节点0到1到3的路径。

[0117] (2) 兄弟分支的步骤:

[0118] a. 将当前路径中的最后一个节点替换为其未访问的兄弟节点之一,并返回到后代分支步骤。例如,如果在到达最后一个节点(例如节点3)之后仍然存在未访问的节点,例如节点4,则将节点3替换为节点4,并执行后代分支步骤。

[0119] b. 如果在该步骤中不能选择未访问的兄弟节点,则进入父分支步骤,例如,节点3(在DFS树的第4层级中)返回到图4的(d)中的节点2(在DFS树的第3层级中)。

[0120] (3) 父分支的步骤:

[0121] a. 返回到当前节点的父节点并继续进行兄弟分支步骤,例如,节点3(在DFS树的第

4 层级中) 返回到节点2 (在DFS树的第3层级中), 并且转到节点3 (在树的第3层级中)。

[0122] b. 如果没有父节点, 即当前节点是源节点则停止。例如, 如果当前节点是节点0并且没有来自节点0的后代, 则停止DFS过程。

[0123] 层次分析法 (AHP):

[0124] Saaty的层次分析法 (AHP) 是最实用和最有用的分析多标准决策方法 (MCDM) 之一, 因为它简单, 动态, 系统和有效 [22]。AHP能够通过将复杂和非结构环境分解为层次结构来完全呈现标准之间的关系来解决复杂和/或非结构化问题 [22-29]。

[0125] 这里采用AHP来获得相对权重, 以便区分所考虑因素中的不同重要程度, 并通过给予权重来反映决策者对因素的偏好。基于几何平均法获得相对权重的AHP的主要程序如下所述 [22]。

[0126] 步骤A1, 建立分层结构, 使目标方案, 标准和备选方案分别处于第一层, 第二层和第三层。例如, 图5所示为AHP层次结构示例, 图5是具有四个标准的AHP层次结构, 第二层中的 c_1, c_2, c_3 和 c_4 , 以及第三层中的三个备选方案 a_1, a_2 和 a_3 ;

[0127] 步骤A2, 将每个专家成对比较, 以构建专家k的成对比较矩阵 $C_k = [c_{i,j}^{(k)}]_{N_e}$, $k = 1, 2, \dots, N_e$:

$$[0128] \quad C_k = \begin{bmatrix} 1 & c_{1,2}^{(k)} & \dots & c_{1,N_e}^{(k)} \\ c_{2,1}^{(k)} & 1 & \dots & c_{2,N_e}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c_{N_e,1}^{(k)} & c_{N_e,2}^{(k)} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

[0129] 其中 $c_{i,j}^{(k)} = 1/c_{j,i}^{(k)}$ 是根据专家k的标准j的标准i的比较值。请注意, 成对比较的本质是确定决策者通过Saaty的相对重要性表达所表达的偏好。

[0130] 步骤A3, 从专家的成对比较矩阵中收集数据, 形成专家k的聚合成对比较矩阵 $C = [c_{i,j}]_{N_e}$:

$$[0131] \quad C = \begin{bmatrix} 1 & c_{1,2} & \dots & c_{1,N_e} \\ c_{2,1} & 1 & \dots & c_{2,N_e} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c_{N_e,1} & c_{N_e,2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

[0132] 其中,

$$[0133] \quad c_{i,j} = \sqrt[N_e]{\prod_{k=1}^{N_e} c_{i,j}^{(k)}}, \quad (9)$$

[0134] 步骤A4, 将聚合的成对比较矩阵C归一化为 $C' = [c'_{i,j}]_{N_e}$:

$$[0135] \quad C' = \begin{bmatrix} 1 & c'_{1,2} & \dots & c'_{1,N_e} \\ c'_{2,1} & 1 & \dots & c'_{2,N_e} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c'_{N_e,1} & c'_{N_e,2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

[0136] 其中,

$$[0137] \quad c'_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{k=1}^{N_c} c_{i,k}}, \quad (11)$$

[0138] 步骤A5,根据以下等式确定 $i=1,2,\dots,N_c$ 的第 i 个属性的相对权重 w_i :

$$[0139] \quad w_i = \frac{\sum_j c'_{i,j}}{N_c}, \quad (12)$$

[0140] 在本公开中,AHP的层次结构仅包含两个层(不使用替代层),AHP用于确定权重系数,而设置优先级,即使用TOPSIS方法执行备选方案的排名。

[0141] 逼近理想解排序法(TOPSIS):

[0142] 由Hwang和Yoon于1981年首次提出的与逼近理想解排序法(TOPSIS)是一种MCDM,在存在多个且通常相互矛盾的标准的情况下被广泛使用,以评估和排列替代方案的性能,与理想解相似的多个标准[30]。

[0143] 有两种类型的标准:收益和成本[29-31]。较低的值对于成本标准更好,而对于效益标准则相反。TOPSIS基于以下概念:所选择的替代方案应该最接近正理想解(PIS),并且与负理想解(NIS)的最大几何距离。PIS包含所有最佳标准值,最大化效益标准并最小化成本标准。另一方面,由所有最差标准值组成的NIS最小化了收益标准并最大化了成本标准。关于TOPSIS的广泛调查可以在[29-31]中找到。

[0144] TOPSIS已被用于解决许多实际主题,并且由于其结构完整性,简单性和易操作性,已被许多研究扩展用于不确定情况。因此,本公开采用选择非主导解中的最佳替代方案(解)。

[0145] 在TOPSIS的开始,必须知道决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$ 和权重向量 W ,决策矩阵 X 由备选方案和标准组成,并由等式(13)描述:

$$[0146] \quad X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,N_c} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,N_c} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{N_a,1} & x_{N_a,2} & \dots & x_{N_a,N_c} \end{bmatrix} \quad (13)$$

[0147] 其中的元素 $x_{i,j}$ 是标准 C_j 中的备选方案 A_i 的等级(rating),对于 $i=1,2,\dots,N_a$ 和 $j=1,2,\dots,N_c$,权重向量 $W=(w_1, w_2, \dots, w_{N_c})$ 由标准 C_j 的权重 w_j 组成,其中 $i=1,2,\dots,N_c$,其中:

$$[0148] \quad \sum_{j=1}^{N_c} w_j = 1, \quad (14)$$

[0149] 基于表示“接近理想”的几何距离方法的TOPSIS的主要过程在以下步骤中描述[30]:

[0150] 步骤T1,由 X 构建归一化的新决策矩阵 $Y = [y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$, $x_{i,j}$ 的所有值来自不同的源,并且需要被归一化以将其变换为新的决策矩阵 Z ,其是基于以下等式的归一化和无量纲矩阵:

$$[0151] \quad y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_a} x_{i,j}^2}}, \quad (15)$$

[0152] 步骤T2,建立加权归一化决策矩阵 $Z = [z_{i,j}]_{N_a \times N_c}$

$$[0153] \quad z_{i,j} = w_j \cdot y_{i,j}, \quad (16)$$

[0154] 其中, $i=1,2,\dots,N_a$ 和 $j=1,2,\dots,N_c$ 。

[0155] 步骤T3,确定PIS $Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_{N_c}^+)$ 和NIS $Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_{N_c}^-)$, 其中 z_j^+ 和 z_j^- 分别是标准 C_j 获得的 $j=1,2,\dots,N_c$ 的最佳和最差解,即,如果需要 C_j 来最大化, z_j^+ 是最大(最小)解(最小化)和 z_j^- 是最大(最小)解,如果需要 C_j 来最小化(最大化)。

[0156] 步骤T4,计算 d_i^+ 和 d_i^- , 它们是从 d_i^+ 和 d_i^- 的欧式距离到 $i=1,2,\dots,N_a$ 的每个加权归一化替代 $Z_i = (z_{i,1}, z_{i,2}, \dots, z_{i,N_c})$, 分别如等式(17)和等式(18)所示。

$$[0157] \quad d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^+)^2} \quad (17)$$

$$[0158] \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^-)^2} \quad (18)$$

[0159] 第T5步,计算每个加权归一化替代 Z_i 的相似性度量 s_i , 如等式(19)所示, 其中 $i=1,2,\dots,N_a$ 。

$$[0160] \quad s_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (19)$$

[0161] 第T6步,相似性度量的最高值是最佳选择。

[0162] 一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法:

[0163] 本节讨论了提出的改善物联网服务质量的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法,本节描述了如何使用DFS找到节点0和汇聚节点之间的所有简单路由,使用AHP计算专家列出的所有因子的权重,并使用TOPSIS分配最佳简单路由,如图6所示为一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法的流程图,一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法的流程包括以下步骤:

[0164] 输入:具有源节点0和汇聚节点物联网中的WSN网络拓扑图;

[0165] 输出:从节点0到具有最高相似性度量值的汇聚节点的最佳路由;

[0166] 步骤1,使用DFS搜索所有简单路由,并将 N_a 作为简单路由的数量;

[0167] 步骤2,为 $k=1,2,\dots,N_e$ 的每个专家构建成对比较矩阵 $C_k = [c_{i,j}^{(k)}]_{N_c}$, 其中 N_c 和 N_e 分别是标准和专家的数量;

[0168] 步骤3,将 C_k 聚合成成对比较矩阵 $C = [c_{i,j}]_{N_c}$;

[0169] 步骤4,根据等式(11)将C归一化为 C' ;

[0170] 步骤5,基于等式(12)确定第 j 个属性的相对权重 w_j , 即计算权重向量 W , 其中 $j=1,2,\dots,N_c$;

[0171] 步骤6,构建决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$, 其中每个备选方案是从步骤1获得的简单路

由；

[0172] 步骤7,基于等式(15)由X构建归一化的新决策矩阵 $Y = [y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

[0173] 步骤8,根据等式(16)建立加权归一化决策矩阵 $Z = [z_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

[0174] 步骤9,确定PIS $Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_{N_c}^+)$ 和NIS $Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_{N_c}^-)$;

[0175] 步骤10,基于等式(17)和(18)计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的 d_i^+ 和 d_i^- ;

[0176] 步骤11,基于等式(19)计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的相似性度量 s_i ;

[0177] 步骤12,找到具有最大相似性度量的路由(简单路由)作为最佳路由输出。

[0178] 其中,第一阶段为步骤1;第二阶段为步骤2到步骤5;第三阶段为步骤6到步骤12。

本公开方法的一个实施例:

[0179] 通过实施例可以最好地证明所提出的一种基于物联网的三个阶段传感拓扑方法的一般程序。为方便起见,选择图1中所示的示例以说明在节点1和4之间找到最佳路由的逐步过程。

[0180] 表II列出了每条弧的六个因素的信息,其中C,E,Q,R,S和T表示使用成本,能耗,传输质量,可靠性,信号强度和传输时间。

[0181] 表II每个弧中六个因素包含的信息

	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5
C	2	5	3	1	2
E	3	2	2	2	4
Q	3	2	4	1	3
R	0.9	0.8	0.95	0.88	0.9
S	3	2	3	2	2
T	1	3	3	4	2

[0183] 假设分配了五名专家来分析系统,找出导致最大服务质量问题的因素,并在步骤1中构建他们自己的成对比较矩阵。

[0184] 下面描述本公开方法实施例的三阶段传感拓扑方法的整个过程。图7所示为由图1生成的DFS树,以下步骤为在图7所示的DFS树进行三阶段传感拓扑方法。

[0185] 步骤1,使用DFS在图1中识别出四条简单的弧,即简单路由(见图4)(见图7):在第一阶段 $p_1 = \{e_{0,1}, e_{1,2}, e_{2,3}\}$, $p_2 = \{e_{0,1}, e_{1,3}\}$, $p_3 = \{e_{0,2}, e_{2,1}, e_{1,3}\}$ 和 $p_4 = \{e_{0,2}, e_{1,3}\}$ 。

[0186] 步骤2,为每个专家构建成对比较矩阵 $C_k = [c_{i,j}^{(k)}]_{N_c}$ 如表III所示。

[0187] 表III专家的成对比较矩阵

专家 ID		<i>C</i>	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>
1	<i>C</i>	1	6	5	2	1	4
	<i>E</i>	1/6	1	1	1	2	1
	<i>Q</i>	1/5	1/1	1	2	2	2
	<i>R</i>	1/2	1/1	1/2	1	1/1	1/1
	<i>S</i>	1/1	1/2	1/2	1	1	1/1
	<i>T</i>	1/4	1/1	1/2	1	1	1
2	<i>C</i>	1	6	5	2	3	4
	<i>E</i>	1/6	1	1	1	1	2
	<i>Q</i>	1/5	1/1	1	1	2	2
	<i>R</i>	1/2	1/1	1/1	1	1/2	1/2
	<i>S</i>	1/3	1/1	1/2	2	1	1/2
	<i>T</i>	1/4	1/2	1/2	2	2	1
3	<i>C</i>	1	6	4	2	3	3
	<i>E</i>	1/6	1	3	1	2	2
	<i>Q</i>	1/4	1/3	1	1	1	3
	<i>R</i>	1/2	1/1	1/1	1	1/2	1/2
	<i>S</i>	1/3	1/2	1/1	2	1	1/1
	<i>T</i>	1/3	1/2	1/3	2	1	1
4	<i>C</i>	1	6	4	2	2	3
	<i>E</i>	1/6	1	1	2	1	2
	<i>Q</i>	1/4	1/1	1	1	2	2
	<i>R</i>	1/2	1/2	1/1	1	1/2	1/1
	<i>S</i>	1/2	1/1	1/2	2	1	1/1
	<i>T</i>	1/3	1/2	1/2	1	1	1
5	<i>C</i>	1	6	5	3	3	3
	<i>E</i>	1/6	1	1	1	1	1
	<i>Q</i>	1/5	1/1	1	2	2	2
	<i>R</i>	1/3	1/1	1/2	1	1/4	1/1
	<i>S</i>	1/3	1/1	1/2	4	1	1/1
	<i>T</i>	1/3	1/1	1/2	1	1	1

[0188]

[0189] 步骤3,通过基于等式(9)聚合专家的成对比较矩阵来获得成对比较矩阵 $C = [c_{ij}]_{N_c}$,如 表IV所示。

[0190] 表IV五位专家的聚合值的成对比较矩阵

	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>	
[0191]	<i>C</i>	1.00	6.00	4.57	2.17	2.22	3.37
	<i>E</i>	0.17	1.00	1.25	1.15	1.32	1.52
	<i>Q</i>	0.22	0.80	1.00	1.32	1.74	2.17
[0192]	<i>R</i>	0.46	0.87	0.76	1.00	0.50	0.76
	<i>S</i>	0.45	0.76	0.57	2.00	1.00	0.87
	<i>T</i>	0.30	0.66	0.46	1.32	1.15	1.00

[0193] 步骤4,根据等式(11)将C归一化为 $C^* = [c_{i,j}^*]_{N_c}$,如表V所示。

[0194] 表V归一化聚合对偶比较矩阵的值

	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>	平均值
[0195]	<i>C</i> 0.39	0.59	0.53	0.35	0.28	0.24	0.40
	<i>E</i> 0.06	0.10	0.14	0.16	0.17	0.13	0.13
	<i>Q</i> 0.08	0.08	0.12	0.22	0.22	0.15	0.15
	<i>R</i> 0.11	0.07	0.05	0.10	0.14	0.15	0.10
	<i>S</i> 0.17	0.08	0.07	0.09	0.13	0.22	0.13
	<i>T</i> 0.18	0.09	0.09	0.08	0.06	0.11	0.10

[0196] 步骤5,每行中六个因子的平均值是每个因子的权重,即*C*,*E*,*Q*,*R*,*S*和*T*的权重是0.40,0.13,0.15,0.10,0.13和0.10(见表V中的最后一列)。

[0197] 步骤6,决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$ 如表VI所示。注:每个替代方案都是从步骤I获得的简单路由。

[0198] 表VI X的元素

	$p_1=\{e_{0,1}, e_{1,2}, e_{2,3}\}$	$p_2=\{e_{0,1}, e_{1,3}\}$	$p_3=\{e_{0,2}, e_{2,1}, e_{1,3}\}$	$p_4=\{e_{0,2}, e_{2,3}\}$
[0199]	<i>C</i> 7	3	8	7
	<i>E</i> 9	5	8	6
	<i>Q</i> 3.3333333	2	2	2.5
	<i>R</i> 0.7695	0.792	0.6336	0.72
	<i>S</i> 2.6666667	2.5	2	2
	<i>T</i> 6	5	9	5

[0200] 步骤7,根据等式(15)建立归一化的新决策矩阵 $Y = [y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$,如表VII所示。

[0201] 表VII Y的元素

	$p_1=\{e_{0,1}, e_{1,2}, e_{2,3}\}$	$p_2=\{e_{0,1}, e_{1,3}\}$	$p_3=\{e_{0,2}, e_{2,1}, e_{1,3}\}$	$p_4=\{e_{0,2}, e_{2,3}\}$
[0202]	<i>C</i> 0.535303	0.229416	0.611775	0.535303
	<i>E</i> 0.627060	0.348367	0.557386	0.418040
	<i>Q</i> 0.661903	0.397142	0.397142	0.496428
	<i>R</i> 0.526112	0.541496	0.433197	0.492269
	<i>S</i> 0.576975	0.540914	0.432731	0.432731
	<i>T</i> 0.464294	0.386912	0.696441	0.386912

[0203] 步骤8,建立加权归一化决策矩阵 $Z = [z_{i,j}]_{N_a \times N_c}$,如表VIII所示。

[0204] 表VIII Z的元素

	$p_1=\{e_{0,1}, e_{1,2}, e_{2,3}\}$	$p_2=\{e_{0,1}, e_{1,3}\}$	$p_3=\{e_{0,2}, e_{2,1}, e_{1,3}\}$	$p_4=\{e_{0,2}, e_{2,3}\}$
[0205]	<i>C</i> 0.214121	0.091766	0.244710	0.214121
	<i>E</i> 0.081518	0.045288	0.072460	0.054345
	<i>Q</i> 0.099286	0.059571	0.059571	0.074464
	<i>R</i> 0.052611	0.054150	0.043320	0.049227
	<i>S</i> 0.075007	0.070319	0.056255	0.056255
	<i>T</i> 0.046429	0.038691	0.069644	0.038691

[0206] STEP 9,从表VII可以得到, $PIS Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_{N_c}^+) = (0.091766, 0.045288, 0.099286, 0.054150, 0.075007, 0.038691)$ (见表VIII) 和 $NIS Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_{N_c}^-) = (0.244710, 0.081518, 0.059571, 0.043320, 0.056255, 0.069644)$ (见表VIII)。

[0207] 步骤10,计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的 d_i^+ 和 d_i^- ; ,如表IX所示。

[0208] 表IX对于 $i=1, 2, \dots, N_a$, d_i^+ , d_i^- 和 s_i 的值

	$p_1=\{e_{0,1}, e_{1,2}, e_{2,3}\}$	$p_2=\{e_{0,1}, e_{1,3}\}$	$p_3=\{e_{0,2}, e_{2,1}, e_{1,3}\}$	$p_4=\{e_{0,2}, e_{2,3}\}$
[0209] d_i^*	0.127850	0.039990	0.164725	0.126668
d_i^*	0.059074	0.161176	0.009058	0.053748
s_i	0.316033	0.801209	0.052120	0.297910

[0210] 步骤11, 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的相似性度量 s_i , 如表IX中的最后一行 (s_i 行) 所示。

[0211] 步骤12. 从表IX中可知, p_2 具有最高的相似性度量值0.801209从而使物联网选取该路由 路径进行拓扑通信。

[0212] 以同样的方式, 通过本公开的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法找到所有最好的简单路由, 如表X所示。

[0213] 表X所有简单路由

	0	1	2	3
[0214] 0		$\{e_{0,1}\}$	$\{e_{0,1}, e_{1,2}\}$	$\{e_{0,1}, e_{1,3}\}$
1	$\{e_{1,0}\}$		$\{e_{1,2}\}$	$\{e_{1,3}\}$
2	$\{e_{2,1}, e_{1,0}\}$	$\{e_{2,1}\}$	$\{e_{3,1}\}$	$\{e_{2,3}\}$
3	$\{e_{3,1}, e_{1,0}\}$	$\{e_{3,1}\}$	$\{e_{3,2}\}$	

[0215] 从表X可以看出, 即使两个节点位于弧的两侧, 也可以观察到不必沿着该弧直接传输信号。例如, 节点0和2位于弧 e_2 的两侧, 并且这两个节点之间的最佳路由不是沿着 e_2 , 而是通过节点1从节点0到节点2. 因此, 从这个简单的示例, 它得出结论本公开的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法相对于现有的方法在提高物联网无线传感器网络的服务质量方面非常有用。

[0216] 实施例的结论:

[0217] 实施了五组数值实验以验证在中等规模网络上进行的方法的性能。在这些实验中, 节点数 n 分别为10, 20, 30, 40, 50, 均匀地随机产生在 $100m \times 100m$ 的区域内。因此, 所有网络结构 都是随机模拟的。

[0218] 本公开所提出的方法以C编程语言实现, 运行在具有Intel Core i7-5960X CPU和16GB RAM的Windows 10上。

[0219] 表XI列出了每个测试问题的运行时间。对于NP-hard问题而言, 出乎意料的是, 运行时间随着节点数量的增长而增长, 即问题的大小。大多数运行时间的消耗用于搜索所有简单路径, 即在阶段1、阶段2的运行时间是最小的, 因为五个专家只有六个因素。阶段3的运行时间小于阶段1的运行时间, 因为任何路径都不是简单路径。此外, 一般网络始终包括阶段 1中的周期。在阶段3中, 只有这些在阶段1中找到的简单路径通过乘以阶段2中获得的每个因子的权重来计算其使用成本, 能耗, 传输质量, 可靠性, 信号强度和传输时间的值。

[0220] 因此, 从表XI中, 本公开所提出的方法能够解决中等规模WSN的问题。

[0221] 表XI本公开的方法处理五组数值实验的平均运行时间

<i>n</i>	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Total
10	0.99751	0.00000	0.31415	1.31166
20	2.04724	0.00000	0.73774	2.78498
30	17.75302	0.00000	6.25437	24.00739
40	214.02935	0.00000	115.08946	329.11882
50	7791.97735	0.00000	1876.83169	9668.80904

[0223] 本公开的方法旨在系统有效地提高物联网系统技术的体验质量,包括确定影响体验质量的主要因素。为实现上述目标,提出了一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法。本公开的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法的第一阶段,创建DFS以搜索所有简单路由。在第二阶段,基于成对比较的AHP适用于分析需要考虑的定性和定量因素,以提高物联网系统技术的体验质量。此外,获得这些因素的相关权重,以使本公开的方法能够关注那些在资源有限的环境中优先改进的因素。在第三阶段,基于从AHP导出的权重的TOPSIS用于在从所提出的DFS获得的所有简单路由中选择具有最佳相似性度量的路由。

[0224] 通过案例研究的应用示例说明了所提出的一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法的性能和适用性。此外,仿真结果证明了所提方法的性能,可以解决大小达50个节点的问题。因此,使用这种一种基于物联网的三阶段传感拓扑方法,确实可以生成合理的结果和可用的最佳路由,以便快速做出决策。

[0225] 本公开的实施例提供的一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统,如图8所示为本公开的一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统图,该实施例的一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统包括:处理器、存储器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统实施例中的步骤。

[0226] 所述系统包括:存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序运行在所述系统的以下单元中:

[0227] 简单路由搜索单元,用于使用DFS搜索所有简单路由,并将 N_a 作为简单路由的数量;

[0228] 比较矩阵构建单元,用于为 $k = 1, 2, \dots, N_e$ 的每个专家构建成对比较矩阵 $C_k = [c_{i,j}^{(k)}]_{N_c}$,其中 N_c 和 N_e 分别是标准和专家的数量;

[0229] 比较矩阵聚合单元,用于将 C_k 聚合成成对比较矩阵 $C = [c_{i,j}]_{N_c}$;

[0230] 比较矩阵归一化单元,用于根据
$$c'_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{k=1}^{N_c} c_{i,k}}$$
 将C归一化为C';

[0231] 相对权重计算单元,用于基于
$$w_i = \frac{\sum_j c'_{i,j}}{N_c}$$
 确定第j个属性的相对权重 w_j ,其中 $j =$

1, 2, ..., N_c ;

[0232] 决策矩阵构建单元,用于构建决策矩阵 $X = [x_{i,j}]_{N_a \times N_c}$,其中每个备选方案是从简单路由搜索单元获得的简单路由;

[0233] 新决策矩阵重构单元,用于基于 $y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_a} x_{i,j}^2}}$ 由X构建归一化的新决策矩阵 Y =

$[y_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

[0234] 决策矩阵归一化单元,用于根据 $z_{i,j} = w_j \cdot y_{i,j}$ 建立加权归一化决策矩阵 $Z = [z_{i,j}]_{N_a \times N_c}$;

[0235] 正负理想值确定单元,用于确定PIS $Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_{N_c}^+)$ 和NIS $Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_{N_c}^-)$;

[0236] 欧式距离计算单元,用于基于 $d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^+)^2}$ 和 $d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_c} (z_{i,j} - z_j^-)^2}$ 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的 d_i^+ 和 d_i^- ;

[0237] 相似性度量计算单元,用于基于 $s_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$ 计算 $i=1, 2, \dots, N_a$ 的相似性度量 s_i ;

[0238] 最佳路由获取单元,用于找到具有最大相似性度量的路由作为最佳路由输出。

[0239] 所述一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统可以运行于桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备中。所述一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统,可运行的系统可包括,但不仅限于,处理器、存储器。本领域技术人员可以理解,所述例子仅仅是一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统的示例,并不构成对一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统的限定,可以包括比例子更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0240] 所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,所述处理器是所述一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统运行系统的控制中心,利用各种接口和线路连接整个一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统可运行系统的各个部分。

[0241] 所述存储器可用于存储所述计算机程序和/或模块,所述处理器通过运行或执行存储在所述存储器内的计算机程序和/或模块,以及调用存储在存储器内的数据,实现所述一种基于物联网的三阶段传感拓扑系统的各种功能。所述存储器可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序(比如声音播放功能、图像播放功能等等);存储数据区可存储根据手机的使用所创建的数据(比如音频数据、电话本等等)。此外,存储器可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如硬盘、内存、插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或

其他易失性固态存储 器件。

[0242] 尽管本公开的描述已经相当详尽且特别对几个所述实施例进行了描述,但其并非旨在局 限于任何这些细节或实施例或任何特殊实施例,而是应当将其视作是通过参考所附权利要求 考虑到现有技术为这些权利要求提供广义的可能性解释,从而有效地涵盖本公开的预定范围。此外,上文以发明人可预见的实施例对本公开进行描述,其目的是为了提供有用的描述,而 那些目前尚未预见的对本公开的非实质性改动仍可代表本公开的等效改动。

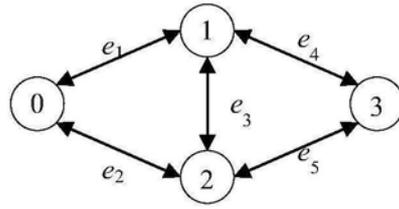


图1

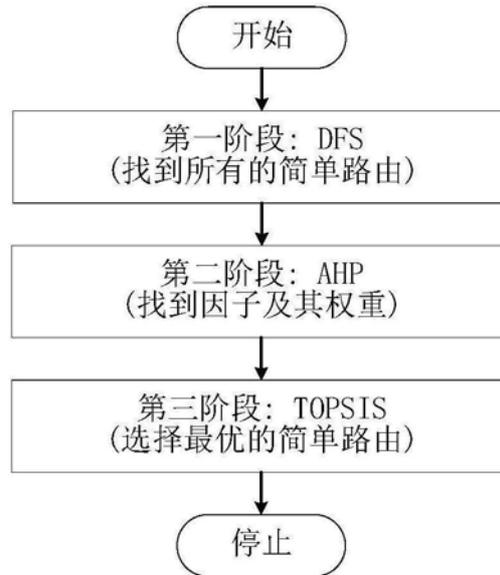


图2

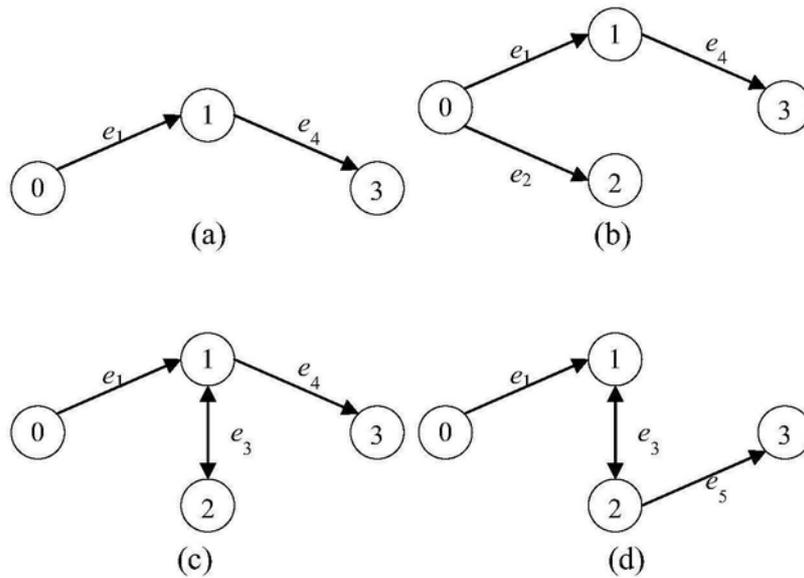


图3

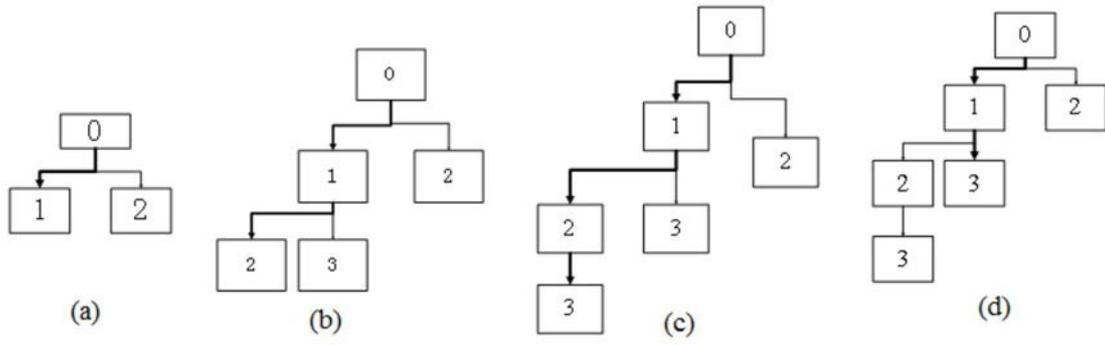


图4

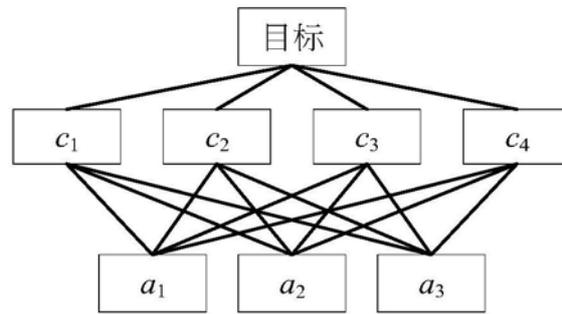


图5

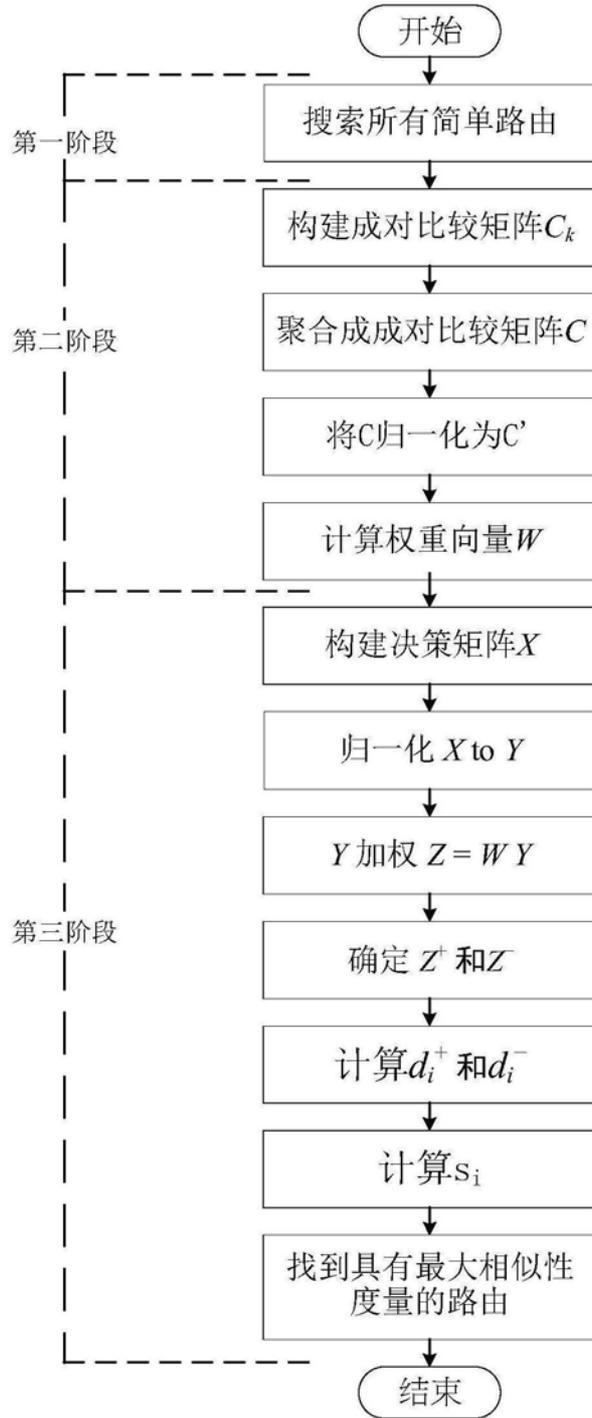


图6

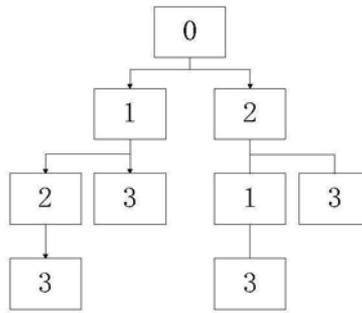


图7

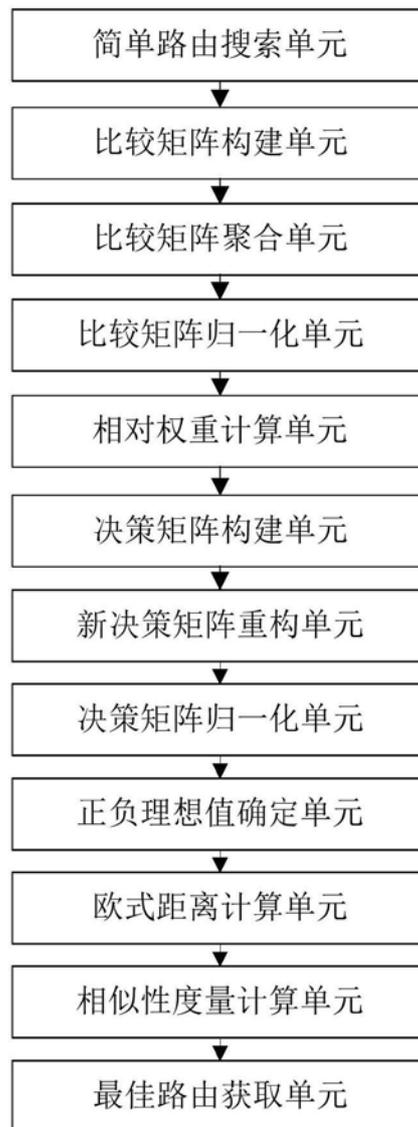


图8