

# 层次型无线传感网基于语义的路由算法

蒋建峰<sup>1</sup>, 谷 瑞<sup>1</sup>, 薛 超<sup>2</sup>

(1. 苏州工业园区服务外包职业学院, 江苏 苏州 215123;

2. 东南大学 软件学院, 江苏 苏州 215123)

**摘 要:**针对无线传感网具有以数据为中心,以功能为重点,没有骨干结构等特点,文中提出了一种层次型无线传感网基于语义路由的数据转发算法,达到提高路由效率、延长网络生命周期的目的。该算法给出无线传感网中的语义定义和表达形式,利用语义框架构造数据分组,通过对数据分组中的语义同路由器中网络语义进行匹配,确定数据转发的方向。实验结果表明:网络中冗余数据少,节能性好,网络生存周期理想。该算法同时也可以为无线传感网的实时、交互操作研究提供一定基础。

**关键词:**无线传感网;数据转发;语义路由

**中图分类号:**TP301.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2014)07-0125-04

**doi:**10.3969/j.issn.1673-629X.2014.07.031

## A Semantic-based Routing Algorithm for Hierarchical Wireless Sensor Networks

JIANG Jian-feng<sup>1</sup>, GU Rui<sup>1</sup>, XUE Chao<sup>2</sup>

(1. Suzhou Industrial Park Institute of Services Outsourcing, Suzhou 215123, China;

2. College of Software Engineering, Southeast University, Suzhou 215123, China)

**Abstract:** According to the characteristics of taking the data as the center, focusing on the functions, and be without the backbone structure in wireless sensor networks, a data-forwarding method based on semantic routing is proposed in order to improve the efficiency and increase the lifetime of the network. This algorithm presents the semantics definition and expression of wireless sensor network. Use these semantics structure to build data packets, match the semantics from the packets with the semantics of networks to determine the direction of data transferring. The experiments results show that the network has little redundant data, good saving function, ideal network lifetime. This could provide theoretic basis for researching on mutual and immediate operating.

**Key words:** wireless sensor network; data-forwarding; semantics routing

## 0 引言

无线传感器网络是由部署在监测区域内大量微型传感器节点组成,通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统。在无线传感器网络体系结构中,网络层的路由算法对无线传感器网络的性能好坏有着重要影响。经过国内外学者的研究,许多针对无线传感器网络的路由协议被提了出来。从网络拓扑结构的角度,这些协议大体可以分为两类:平面路由协议和层次路由协议。

在平面路由协议中,所有网络节点的地位是平等

的,不存在等级和层次差异。它们通过相互之间的局部操作和信息反馈来生成路由。平面路由的优点是简单、易扩展,无须进行任何结构维护工作,所有网络节点的地位平等,不易产生瓶颈效应,因此具有较好的健壮性,但是可扩展性较差。典型的平面路由算法有DD(Directed Diffusion)<sup>[1-2]</sup>, SAR(Sequential Assignment Routing), SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation)<sup>[3-4]</sup>, Rumor Routing等。

在层次路由协议中,网络通常被划分为簇<sup>[5-6]</sup>。所谓簇,就是具有某种关联的网络节点集合。每个簇

收稿日期:2013-10-06

修回日期:2014-01-09

网络出版时间:2014-04-24

基金项目:苏州市云计算智能信息处理高新技术研究重点实验室项目(SXZ201301);苏州工业园区服务外包职业学院项目(KY-XJZ201, KY-XJZ202)

作者简介:蒋建峰(1983-),男,讲师,高级工程师,研究方向为计算机通信与网络、传感网、虚拟化。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140424.0839.083.html>

由一个簇首和多个簇内成员组成,低一级网络的簇首是高一级网络中的簇内成员,由最高层的簇首与基站(Base Station,BS)通信。在每个簇内,通过一定的机制选取某个节点作为簇首,用于管理或控制整个簇内成员节点,协调成员节点之间的工作,负责簇内信息的收集和数据的融合处理以及簇间转发。

层次模型比平面模型在网络总体能耗方面有较大的优势,但这两种类型的路由机制都没有引入语义的思想。无线传感器具有以数据为中心,以功能为重点,没有骨干结构等特点,无线传感器网络的路由结构能够根据网络中数据的属性来建立,以达到最优化支持数据交换需要的效果。语义路由的优点是命名规则可以针对应用层数据的属性来进行设计,所以文中提出使用语义路由来提高网络性能,通过这种方式,数据只会传送到网络中与其相关的位置和节点上去,因此提高了网络带宽的利用率,降低了能耗。

## 1 网络模型与网络语义

### 1.1 确定网络模型

在层级型结构中,在数据转发的过程中,数据分组的目的节点数量可以快速收敛,这样就可以最低限量地占用网络带宽和消耗网络中各中转节点的能量。同时数据分组所经过的路径也是相对较短的。而语义路由是一种智能动态路由,其作用也是减少候选下层路由,基于语义的路由查询也需要网络中有层级结构。因此网络模型选择层级式网络模型。

一个简单的层级型网络的例子,无线传感网内有一定数量的 sink 节点,sink 节点可以与用户端直接通信;sink 节点周边的节点按照分布区域自组成若干个簇,每簇选举一个簇头节点,簇内节点只同簇头节点通信,而由 sink 节点同簇头节点通信。把 sink 节点集合记作  $S$ ,簇头节点集合记作  $L$ ,普通非簇头节点集合记作  $N$ ,则网络中节点间通信关系可以用二元组表示为  $(S,L)$  和  $(L,N)$ 。为了保证层级型网络的严密性和网络整体通信方式的简化,同一层次中的节点  $n_i, n_j$  即使互相在通信范围内,能够互相通信,也不应该建立通信关系,而是要通过上一层级的节点来代理它们之间的通信。把这种层级型无线传感网模型,称为 2-级式网络。较为复杂的层次型网络则是在上述简单层次型上进行扩展。

### 1.2 确定网络语义

部署在某一地区内,可以提供某种服务的无线传感网可以用自然语言描述它所部署的位置、具有的功能、网络中的节点类型,也可以用自然语言描述该网络某一部分部署的位置、具有的功能、节点类型等。例如“部署在 A 区域内的部分网络有声音和图像两种节

点,能够提供声音监测和拍照服务”。在这个句子中,“A 区”、“声音”、“图像”、“声音监测服务”、“拍照服务”,这些单词从几个角度描述了某一区域内无线传感网的属性特点。可以将这些单词称为局域网络表现出的语义,或网络具有的语义。

由无线传感网中语义的定义可以看到网络中语义主要来源,如局部网络的地理位置信息、功能信息、能量状态信息、节点类型信息等。整体网络中各局部网络的地理位置信息,大范围部署的无线传感网肯定也覆盖大面积的地理范围,在部署区域内某一小区域中的事件或数据必须标识其所在的区域,而这个区域是现实存在的,这个区域内的局部网络也就具备了区域名称,或区域地理位置信息这样一种语义。网络中的节点可能提供几种不同的功能给用户,局部的网络也可能具备几种功能提供给用户,这样节点和局部网络所能提供的功能类型信息也是一种语义。因为无线传感网节点使用电池供电,所以对能量敏感,网络中的能量状态信息需要能够表现出来,因此节点的能量状态是一种语义。在大规模部署无线传感网中,会有不同类型的感知节点,因为网络要提供多种服务,也因为网络支持可扩展,会在不同时间部署不同类型节点,所以节点类型也是主要的语义之一。

一个网络要能够支持语义路由,首先网络需要是语义化的网络<sup>[7-9]</sup>。语义化的网络是将节点按语义分类组成一个多层网络,每层包含多个基于 Chord 协议的语义子网,每个子网代表一个语义类型,具有相同语义类型的资源聚集到同一子网中,节点按物理位置和能力相近的原则归入各子网,让能力大的节点承担更多的工作量,每个子网在上一层都有一个上级子网,在上级子网中又有一个或多个上级节点,子网内节点通过上级节点代理完成路由及路由表维护等工作。图 1 是一个语义网络的图形表示。

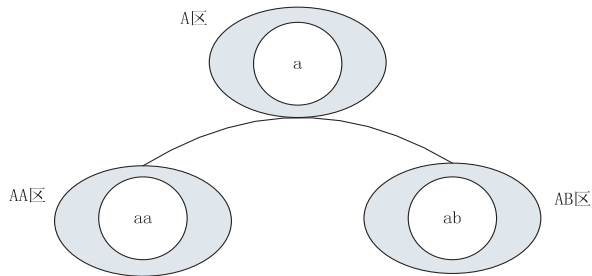


图 1 语义网络

图 1 中 AA 区和 AB 区两个圆点代表最底层的两个子网,在实际的网络中,它们是两个感知节点,将两个节点暂时命名为 aa,ab,它们周围的感知节点以它们为路由器,组成了 AA 区、AB 区两个子网,同时两个子网的语义内容也存储在 aa,ab 两个节点中。将 aa 节点称作 AA 区的语义表达节点,同样 ab 节点是 AB 区

的语义表达节点。AA 区、AB 区子网一起(实际网络中将有更多的子网)构成了 A 区子网。

A 区子网中也由一个传感器节点 a 来做该子网的语义表达节点,同时 a 也是 A 区的路由器节点。节点 a 中存放 AA 区、AB 区子网的语义,并存放指向 AA 区、AB 区的路由出口指针,以及指向上层区域的路由出口指针。将 AA 区、AB 区子网的语义进行综合后得到 A 区子网语义,也存放于节点 a 中,节点 a 最后还要将 A 区子网语义上传到其上一层语义子网的路由器中去。图 2 表明了 A 区的语义表达节点 a 中存放的信息。

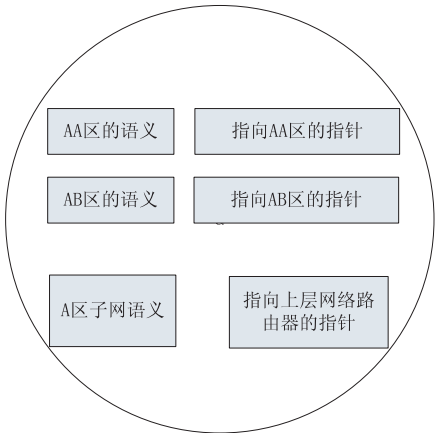


图 2 节点 a 中存放信息

1.3 语义框架体系设计

目前,常用的知识表示方法有产生式表示法和框架表示法<sup>[10-11]</sup>。产生式表示法不足之处在于:简单的产生式系统由于各条规则相互独立,知识的表达能力较差,且按顺序检索,在复杂问题的求解过程中效率较低。框架表示法是一种结构化的知识表示形式,适合于表示固定的概念、事件和行为。并且,它是一种多层次的数据结构,框架下面可以设立子框架,各框架之间也可以通过槽的关联构成框架网络。表达能力非常强,适合于表示操作规则和系统领域知识。框架表示法的另一优点是:对于同一种类型的知识,可以用一个通用的数据结构进行存储,当新的情况发生时,只要将新数据填入框架即可,修改、扩充非常方便。所以在为用户端语义选择表示方式时,选择了框架表示法,看重的是它用通用的数据结构来管理同类型知识,并且对语义内容的可扩展性有良好的支持。图 3 是构造的表达网络语义的框架体系中的主要框架组成<sup>[12-13]</sup>。

2 基于语义路由的数据转发

2.1 建立层次网络拓扑

以具有两层路由器的(不包括 sink)层次网络物理结构的建立为例,首先进行底层簇的建立,簇头(同时也是第一层路由器)的选择。

在部署节点时已经将节点所处的区域名称写入了节点。网络中节点部署完毕后,所有节点同时启动,在具有相同区域名称的节点中,同在一个小范围内的感知节点自组织成簇,这个过程的关键是簇的初始化。簇头通过模拟退火算法选择,簇头选定完毕后,簇头向周边节点广播邀请加入其所在簇的请求。非簇头节点,接到请求后加入该簇,如果同时接到两个簇头节点的请求,则选择通信信号较强簇头的加入其簇。由此则可以完成网络最底层的簇建立。需要说明的是,簇头节点也被定义为第一层路由器。

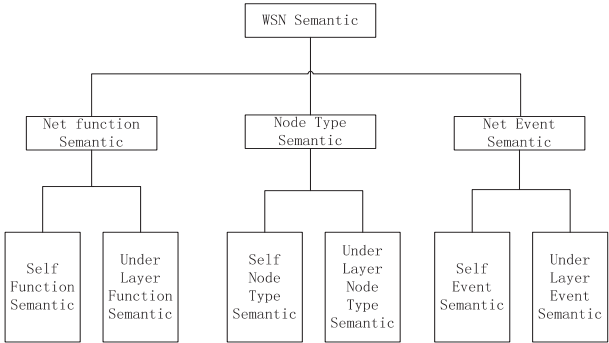


图 3 网络语义框架组成

然后进行第二层路由器的选择。最底层的簇建立完毕,第一层次中的路由器都选定后,开始第二层次的构造。首先,所有簇头节点都尝试同基站 sink 建立通信,能够同 sink 直接通信的簇头节点使用作第二层的路由器,记作集合 SR2。当这些簇头节点确立自己的第二层路由器地位后,它们需要各自同自己所在簇外延方向的其他簇建立连接,将这些簇的簇头作为自己的下级路由器。与外簇建立连接时,簇头通过选择边界节点与外簇建立连接,所有能够与外簇通信的边界节点中,选择节点能量与此节点到外簇簇头距离比值最大的节点。

2.2 网络语义申明及路由表的建立

第一阶段,网络中基础语义由簇头节点统计。在前文的簇建立之后,簇成员节点将自己的功能类型和节点类型,能量状态信息提交给簇头节点,簇头节点将簇成员提交的上述信息进行了整理。具体过程是首先将同类型功能合并,得到结果是本簇支持的所有功能类型;然后将同样的节点类型合并,得到本簇中所有的节点类型;最后计算能量状态平均值。这个过程完成后簇头节点中可以产生本局域功能和本局域节点类型两个语义框架。

第二阶段,层次型网络结构已经建立完毕,全网中簇头对基础语义的统计完成,簇头节点开始将自身的两个语义框架提交给上级路由节点,同时簇头节点保存指向上层路由节点的指针,上层路由节点保存当前通信簇头的指针。上级路由节点融合下级路由节点上



传的语义框架中内容更新自己的语义框架内容。

第三阶段,各级路由节点执行第二阶段,直到 sink 节点更新完语义框架。

### 2.3 数据分组构造

基本监测节点的网络区域、节点类型、功能类型,这些语义要素就是一个语义框架的基本内容,然后将这些基本内容形式化建立一个语义框架。

首先基本监测节点根据监测到的数据与自己的阈值比较,若大于阈值说明有上传的必要,判定语义所属的类型,并根据类型建立一个新的框架。然后将节点所包含的语义要素写入到框架中。其过程是:

1) 提取基本监测节点的网络范围,生成地理位置信息。

2) 提取基本监测节点的功能,生成节点功能信息。

3) 提取基本监测节点的节点类型,生成节点类型信息。

用生成的普通监测节点语义框架进行数据分组构造,构造好的数据分组将直接转发给簇头。

簇头在一个数据采集周期内,根据本簇普通节点上传的数据分组,提取数据进行数据融合,判定事件是否发生,是否需要转发这个有关事件的数据分组。若需要,建立一个新的框架,将本簇发生事件所包含的语义要素写入到框架中,其过程是:

1) 提取簇头节点的网络范围,生成地理位置信息。

2) 提取所发生事件的事件类型,生成事件类型信息。

在上述基础上,用生成的事件语义框架进行数据分组构造,构造好的数据分组将直接经路由表注入网络中。

### 2.4 基于语义路由的数据转发算法流程

层次型无线传感网基于语义路由进行数据转发的方法具体步骤如下:

1) 数据采集周期内簇内成员节点采集数据;

2) 成员节点对采集的数据进行处理,并将采集的数据与预设的阈值比较;如果大于阈值则将采集的数据上传簇头节点;否则丢弃数据等待下一数据采集周期进行数据采集;

3) 成员节点根据采集的数据判断语义所属类型,构建数据相关的语义框架,将节点所包含的语义要素写入到语义框架中;然后成员节点用生成的语义框架进行数据分组构造,将构造好的数据分组直接转发给簇头节点;

4) 簇头节点在一个数据采集周期内,根据本簇成员节点上传的数据分组,提取数据进行数据融合;根据

数据融合的结果判定事件是否发生以及判断是否需要上传转发有关事件的数据分组;

5) 簇头节点判断语义所属类型,构建事件语义框架,将本簇发生事件所包含的语义要素写入到事件语义框架中;然后簇头节点用生成的事件语义框架进行数据分组构造,构造好的数据分组将直接经路由表注入网络中。

所述方法步骤 4) 簇头节点进行数据融合后,判断数据融合的结果是否与原语义不符;当与原语义不符时构造事件语义框架,上传转发有关事件的数据分组;当与原语义相符时更新簇头节点的属性值。

所述方法步骤 5) 还包括簇头节点按照语义路由表上传转发有关事件的数据分组后,上层路由节点判断是否到达 sink 节点;当没有达到 sink 节点,上层路由节点接收语义数据,更新语义框架内容,组织自区域和下层数据上传;否则当上层路由节点达到 sink 节点时,结束数据转发的过程。

## 3 算法性能分析

测试结果如图 4 所示。

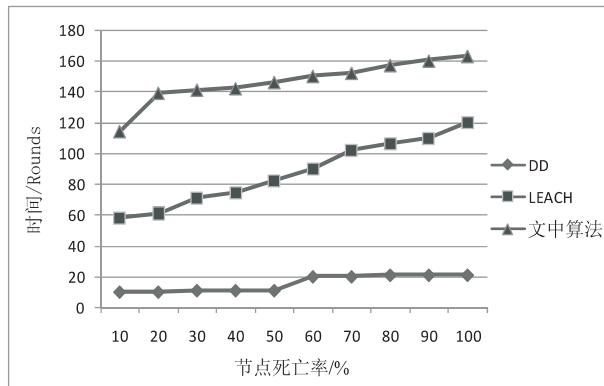


图 4 算法性能对比

对比 LEACH、DD 算法,在同等节点规模的网络中,文中路由算法的首个节点能量耗尽的时间是 LEACH 算法的 2 倍左右,同时也是 DD 算法的 7 倍左右。全部节点能量耗尽的时间大概是 LEACH 算法的 2 倍多,相对于 DD 算法更优。这表明文中路由算法延长了网络的生命周期,同时使得能量的消耗更加均匀地由所有节点担负,避免了单一节点因为能量消耗过多而导致过早的死亡。文中算法一半节点存活的时间大概是 LEACH 算法的 2 倍,是 DD 算法的 8 倍左右,这说明随着网络区域的扩大,与传统路由算法相比,文中路由算法的性能进一步提高。

另外,文中路由算法通过建立的语义机制减少了网络中的冗余数据,使得能量利用更加有效,相同的能量能够传送更多有用数据。

(下转第 195 页)

小于前者,所以后者的运行效率要比前者高很多。

3 结束语

文中采用自适应遗传神经网络对银行客户购买营销产品的行为进行分类,以此来预测客户是否会购买本次营销产品,有利于银行能够充分掌握客户的购买行为,这样,银行就可以把营销策略重点放在优质客户身上以获取更大的利润空间。

通过实例仿真,验证了自适应遗传神经网络比简单遗传神经网络在银行客户分类问题上有更高的分类准确率和更高的分类效率。

参考文献:

[1] 张国政. 客户关系管理中基于数据挖掘的客户细分研究[J]. 商业研究,2006(13):153-155.

[2] 樊宁. K均值聚类算法在银行客户细分中的研究[J]. 计算机仿真,2011,28(3):369-372.

[3] Ngai E W T, Li Xiu, Chau D C K. Application of data mining techniques in customer relationship management: a literature review and classification[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36: 2592-2602.

[4] Xu E, Shao Liangshan, Gao Xuedong, et al. An algorithm for predicting customer churn via BP neural network based on rough set[C]//Proceedings of the 2006 IEEE Asia-Pacific

conference on services computing. Guangzhou: IEEE, 2006: 47-50.

[5] Zhou Li, Wu Qizong. Application of GA-BP algorithm in customer classification[C]//Proceedings of 2011 IEEE 2nd international conference on software engineering and service science. Beijing: IEEE, 2011: 255-257.

[6] 张庆红,程国建. 基于遗传算法的神经网络性能优化[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(12): 125-127.

[7] 沈亮,吴克坚. 混合遗传算法对BP神经网络算法的改进[J]. 机械设计与研究, 2004, 20(2): 10-12.

[8] 曹道友,程家兴. 基于改进的选择算子和交叉算子的遗传算法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2): 44-47.

[9] 范睿,李国斌,景韶光. 基于实数编码遗传算法的混合神经网络算法[J]. 计算机仿真, 2006, 23(1): 161-163.

[10] 赵振勇,王力,王保华,等. 遗传算法改进策略的研究[J]. 计算机应用, 2006, 26(12Z): 189-191.

[11] Srinivas M, Patnaik L M. Adaptive probabilities of crossover and mutation in genetic algorithms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1994, 24(4): 656-667.

[12] 李延梅. 一种改进的遗传算法及应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.

[13] 李延梅. 基于ASR的呼叫中心实现及客户分类研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.

[14] 王萍. 运用数据挖掘技术预测客户购买倾向-方法与实证研究[J]. 情报科学, 2005, 23(5): 738-741.

(上接第128页)

4 结束语

综合层次路由与语义路由机制设计一种层级型无线传感网基于语义路由的数据转发方法,通过融入语义,提出一种新的路由数据转发算法,提高路由效率,达到延长网络生命周期的目的。但需要解决的问题仍很多,例如路由能量平衡、路由器的轮替等。在后期工作中,继续加大研究,更希望能够对能耗和路由可靠性进行验证。

参考文献:

[1] 戴世瑾,张翼德,李乐民. 无线传感器网络的路由协议研究与分析[J]. 计算机应用研究, 2006, 23(12): 294-297.

[2] Li J Z, Li J B, Shi S F. Concepts, issues and advance of sensor networks and data management of sensor networks[J]. Journal of Software, 2003, 14(10): 1717-1727.

[3] Kulik J, Heinzelman W R, Balakrishnan H. Negotiation based protocols for disseminating information in wireless sensor networks[J]. Wireless Networks, 2002, 8(2-3): 169-185.

[4] 张婷婷,周鸣争. 一种基于语义的无线传感器网络路由算法[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(12): 103-106.

[5] 李章华,刘高嵩,张怡. 一种基于语义的结构化P2P网络

模型[J]. 计算机时代, 2006(11): 17-19.

[6] 翟晓波,杨放春. 基于语义的网络自适应上下文资源感知框架设计[EB/OL]. 2005. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/200503-102>.

[7] 向永生,张颖,陈曦. 自组织聚类的P2P语义路由算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(9): 123-125.

[8] 邵鹰,刘业. 结构化P2P路由协议Chord的分析和实现[J]. 计算机工程, 2007, 33(19): 122-124.

[9] 郭龙江,李建中,李贵林. 无线传感器网络环境下时-空查询处理方法[J]. 软件学报, 2006, 17(4): 794-805.

[10] 叶春,葛燧和,熊齐邦. 基于语义路由的P2P信息检索[J]. 计算机仿真, 2004, 21(10): 143-145.

[11] Madden S, Franklin M J, Hellerstein J M, et al. TAG: a tiny aggregation service for ad-hoc sensor networks[C]//Proc of the 5th symposium on operating systems design and implementation. New York, NY, USA: ACM, 2002: 131-146.

[12] Beaver J, Sharaf M A, Labrinidis R, et al. Power-aware in-network query processing for sensor data[C]//Proc of the 2nd Hellenic data management symposium. [s. l.]: [s. n.], 2003.

[13] Xu Y, Lee W C. Window query processing in highly dynamic sensor networks: issues and solutions[C]//Proc of workshop on GeoSensor networks. [s. l.]: [s. n.], 2003.

# 层次型无线传感网基于语义的路由算法

作者：[蒋建峰](#), [谷瑞](#), [薛超](#), [JIANG Jian-feng](#), [GU Rui](#), [XUE Chao](#)

作者单位：[蒋建峰, 谷瑞, JIANG Jian-feng, GU Rui \(苏州工业园区服务外包职业学院, 江苏 苏州, 215123\)](#), [薛超, XUE Chao \(东南大学 软件学院, 江苏 苏州, 215123\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期)：2014(7)

## 参考文献(13条)

1. [戴世瑾;张翼德;李乐民 无线传感器网络的路由协议研究与分析](#) 2006(12)

2. [Li J Z;Li J B;Shi S F Concepts, issues and advance of sensor networks and data management of sensor networks](#) 2003(10)

3. [Kulik J;Heinzelman W R;Balakrishnan H Negotiation based protocols for disseminating information in wireless sensor net-works](#) 2002(2-3)

4. [张婷婷;周鸣争 一种基于语义的无线传感器网络路由算法](#) 2007(12)

5. [李章华;刘高嵩;张怡 一种基于语义的结构化P2P网络模型](#) 2006(11)

6. [翟晓波;杨放春 基于语义的网络自适应上下文资源感知框架设计](#) 2005

7. [向永生;张颖;陈曦 自组织聚类的P2P语义路由算法](#) 2010(09)

8. [邵鹰;刘业 结构化P2P路由协议Chord的分析和实现](#) 2007(19)

9. [郭龙江;李建中;李贵林 无线传感器网络环境下时-空查询处理方法](#) 2006(04)

10. [叶春;葛燧和;熊齐邦 基于语义路由的P2P信息检索](#) 2004(10)

11. [Madden S;Franklin M J;Hellerstein J M TAG:a tiny ag-gregation service for ad-hoc sensor networks](#) 2002

12. [Beaver J;Sharaf M A;Labrinidis R Power-aware in-network query processing for sensor data](#) 2003

13. [Xu Y;Lee W C Window query processing in highly dynamic sensor networks:issues and solutions](#) 2003

引用本文格式：[蒋建峰, 谷瑞, 薛超, JIANG Jian-feng, GU Rui, XUE Chao 层次型无线传感网基于语义的路由算法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(7)