

# 使用 J-SIM 模拟无线传感器网络的研究

胡波, 范根胜, 王汝传

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

**摘要:**无线传感器网络由于在军事通讯、国土安全、环卫环保、交通监察等诸多领域的应用而成为目前 IT 领域的研究热点之一。对于研究者则需要一个仿真度高、具有高可靠性和扩展性的仿真平台以验证自己研究的结果的科学性。介绍了一个全新的完全开源的、跨平台的使用 Java 开发的传感器网络模拟平台 J-SIM, 并以目前无线传感器网络比较流行的 S-Mac 协议为例使用 J-SIM 进行了传感器网络的模拟。J-SIM 相对于 NS2 使用简单方便, 而实验结果证明, J-SIM 可以得到与 NS2 同样正确的模拟结果, J-SIM 的性能也比 NS2 稳定得多。

**关键词:**传感器网络; 无线网络; 网络模拟; J-SIM; S-Mac; SensorSim

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2008)06-0167-04

## Research of Wireless Sensor Network Simulation in J-SIM

HU Bo, FAN Gen-sheng, WANG Ru-chuan

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** Wireless sensor networks (WSNs) have become one of the most popular research areas in IT, because they have found application domains in battlefield communication, homeland security, pollution sensing and traffic monitoring and so on. And for researchers, they need a simulation frameworks for carrying out high-fidelity WSN simulation. In this paper, introduce a modeling, simulation, and emulation framework for WSNs, J-SIM, an open-source, operation system independent network simulation environment that is developed entirely in Java. And then take S-Mac for example to simulate WSN using J-SIM. The simulation study indicates the proposed WSN framework in J-SIM is much more scalable than NS2.

**Key words:** sensor networks; wireless network; simulation framework; J-SIM; S-Mac; SensorSim

## 0 引言

无线传感器网络在国土安全、国民经济诸方面都有着广泛的应用前景,但是无线传感器网络技术涉及许多学科,许多理论还未成熟,目前无线传感器网络的实现还远远未达到人们理想的要求。对于研究者,其中一个非常重要工作的是理论研究成果的验证,这就需要有一个仿真度高、扩展性强、稳定性好的模拟平台,文中介绍的 J-SIM<sup>[1]</sup>正是这样一个基于组件技术使

用 Java 开发的完全开源、跨平台的模拟平台。除了对 J-SIM 的介绍,还以 S-Mac 协议<sup>[2]</sup>为例使用 J-SIM 进行传感器网络的模拟,结果表明, J-SIM 除了能得到与 NS2 同样正确的结果,稳定性也远远优于 NS2<sup>[3]</sup>。

## 1 J-SIM 网络模拟平台

J-SIM 原名叫 JavaSim, 是 SourceForge 旗下一个开源项目,目前的最高版本是 V1.3(补丁 4)。J-SIM 使用 Java 基于组件技术开发而成的模拟平台。在 J-SIM 中基本实体就是组件,但是和其他组件技术不同, J-SIM 中的组件可以自组织达到即插即用的效果。为了实现网络模拟, J-SIM 已经实现了大部分组件,譬如一般计算机网络中的节点、服务器、路由器,以及各种协议等。J-SIM 完全使用 Java 进行开发,结合 TCL 脚本语言,达到真正与平台无关并具有优异的扩展性。通常为了进行一些特殊网络环境的模拟,用户得根据自己需要对 J-SIM 进行扩展。

### 1.1 J-SIM 的优点

\* 免费而且开源。

收稿日期: 2007-09-28

**基金项目:**国家自然科学基金(60573141, 60773041); 江苏省自然科学基金(BK2005146); 江苏省高技术研究计划(BG2005038, BG2006001); 国家高科技 863 计划资助项目(2006AA01Z201, 2006AA01Z219); 2006 江苏省软件专项, 南京市高科技项目(2007 软资 106); 现代通信国家重点实验室基金(9140C1101010603); 江苏省计算机信息处理技术重点实验室基金(kjs050001, kjs06006)

**作者简介:**胡波(1982-),男,河南信阳人,硕士研究生,研究方向为计算机网络、移动代理和信息安全等;王汝传,教授,博士生导师,研究方向是计算机软件、计算机网络和网络、信息安全、无线传感器网络、移动代理和虚拟现实技术等。

J-SIM 遵从 BSD License, 任何人均可以免费下载用于研究或者商业用途。

\* 与平台无关, 开发简单方便。

目前网络模拟平台比较流行的开源软件是 NS2, 但是 NS2 只能在 Unix 环境下运行, 无论是安装还是开发都必须在 Unix 环境下进行, 这对目前 Windows 作为主流使用的操作系统的用户来说, 更增加了学习和使用的难度。J-SIM 采用 Java 开发, 安装和编译在普通的 Java 开发环境即可进行, 而 Java 的开发相对 C++ 来说也更容易。

\* 架构清晰, 扩展性好。

J-SIM 采用自组织组件技术<sup>[4]</sup>, 但是与 CORBA, COM+ 等又有不同特点, J-SIM 中的组件可以自由组织安装, 譬如每个组件中均有端口以便与其他组件通讯。组件之间的关系使用合同来进行组织, 耦合性比较松散, 组件重用性和扩展性比较好。J-SIM 中的基类有端口、地址、模块、数据包、过滤器、数据包封装器, 另外还有一些工具类, 主要负责追踪事件或者参数等。目前 J-SIM 主要实现的网络仿真模块是 INET 模块, 全称是 Internet Simulation Platform, 这个模块实现了目前主流的实体和协议, 传统的计算机网络的仿真基本可以实现。在 INET 基础上 J-SIM 还提供了无线网络、传感器网络的仿真模块。现在的最新版还提供了一款实体编辑器, 通过该编辑器可以用图形的方式来描绘实验场景, 即直观又方便。

\* 与其他平台兼容。

J-SIM 使用 Java 开发, 克服了 NS2 的一些缺点, 但是也吸取了 NS2 的优点, J-SIM 的松耦合自组织架构, 使用 TCL 等脚本语言来定义组件之间的行为等都来自于 NS2, 因此, 熟悉 NS2 的用户使用 J-SIM 将会很容易。

\* 性能优越且稳定。

实现结果证明, 相同的实现场景, NS2 的效率随着规模的增大将变得速度非常慢, 而 J-SIM 则随着场景的变化而速度变化缓慢, 基本保持线性增长。在内存使用上, J-SIM 的内存使用速度也明显优于 NS2。由于 Java 语言不存在内存泄露、误读等问题, 所以稳定性也明显优于 NS2。

## 1.2 J-SIM 程序结构

J-SIM 由底向上由以下模块<sup>[5]</sup>组成:

第一层, ACA (autonomous component architecture), 在这层包含了组件和端口的基类。

第二层, 网络层, 在这层包含了模拟网络所需要的组件, 譬如数据包、模块、地址和一些记录和跟踪的工具类。

第三层, INET (Internet network service) 层<sup>[6]</sup>, 在这层包含了模拟 Internet 网络需要的组件, 包括:

- \* 网络、节点、链路等构件网络所需要的基类;
- \* 各种网络协议的基类的接口;
- \* 组件之间的各种合同的基类。

第四层, 在 INET 层基础上实现的几个网络框架, 包括 Internet 基础框架、集成网络服务框架和差异网络服务框架。

第五层, 也是顶端层, 是实现的框架上所需要的协议、算法等。

## 1.3 J-SIM 传感器网络模块

J-SIM 已实现了基本的网络架构, 包括普通的点对点网络、无线网络等, 其他的网络需要研究者自己继承 J-SIM 的基类来实现。目前已发布的无线传感器网络模块是由几个研究者开发的, 这个模型源自于 Sensorsim 仿真架构。传感器网络一般由目标节点、传感器节点和汇聚节点组成, 目标节点散发信号而传感器节点感知信号并汇聚传送到汇聚节点 (见图 1)。

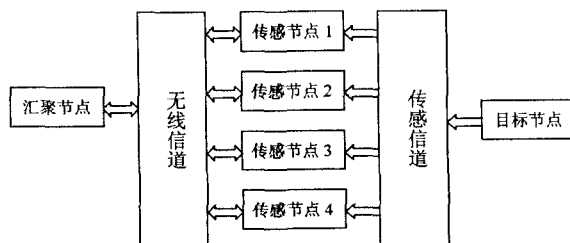


图 1 典型的传感器网络

J-SIM 的 WSN 仿真架构主要由以下部分组成:

1) 节点, 主要有以下几个类型:

\* 目标节点: 目标节点即为被监测节点, 目标节点只有发送感知信号功能, 因此在 J-SIM 的架构中, 为之装配了传感信道。

\* 汇聚节点: 汇聚节点只需要进行无线通讯, 在模型中, 汇聚节点只有无线通讯模块 (见图 2)。

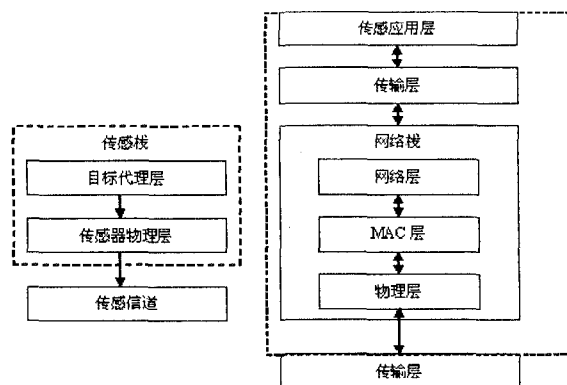


图 2 目标节点和 Sink 节点的结构

\* 传感器节点既有感知功能, 又有通讯功能, 既

要接受目标节点的传感信号,也要将信号通过无线电信道传送给其他传感节点,因此传感器节点同时装配了传感信道和无线通讯信道。同时,为了体验能量的消耗,传感器节点同时装配了能耗模块(见图3)。

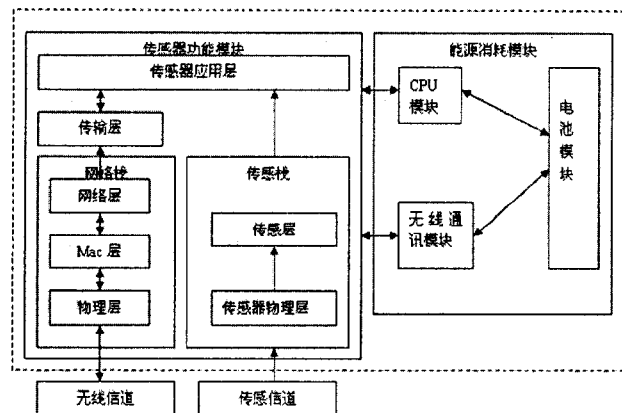


图3 传感器节点的结构

2)协议:目前模块只针对路由实现了GPSR和直接扩散两个路由协议,MAC协议仍然使用无线网络通用的Mac IEEE802.11。

## 2 S-Mac协议及其在J-SIM中的实现

### 2.1 S-Mac协议

S-Mac协议是在Mac IEEE802.11的协议基础上结合传感器网络的特点而设计出来的一个Mac协议,它的主要特点有:

(1)周期性的睡眠与侦听:S-Mac协议允许节点随意选择侦听-睡觉的时间表,但是为了减少控制串音,S-Mac让邻居节点保持同步,同时睡眠,同时侦听<sup>[6]</sup>。节点通过向邻居广播同步包来交互各自的调度表,保证了即使调度表不同,节点之间也能互相通讯。邻居节点之间的睡眠/侦听需要同步,但是时间长,由于时钟差异,这种同步的误差会变大,所以需要间歇性的广播同步包来维持同步。维护同步同样是通过广播同步包完成,更新的同步包包括发送者地址以及发送者下一次睡眠要经过的时间。接收者收到同步包后就将自己的调度改成与同步包一致。

(2)碰撞和串音避免:S-Mac采用与Mac IEEE802.11类似的机制,包括物理和虚拟载波侦听以及RTS,CTS机制,并对RTS-CTS机制稍做修改,解决延迟问题<sup>[5]</sup>。另外在消息传送上,S-Mac协议也对Mac IEEE802.11进行了改进,对长消息进行截断后分批传送,这是因为传感器网络环境比较差,一旦发生错误,如果包比较长,重传代价将会很大。

### 2.2 S-Mac协议在J-SIM中的实现

为了在J-SIM中实现S-Mac,将程序分为三部

分:

(1)S-Mac通讯包的定义:包含一个SMac\_Packet基类和SMac协议同步、控制、数据包三个子类。

(2)S-Mac定时器模块:包含SMac\_Timer一个基类和同步、收、发等计时器,以及SMacTimeOutEvt事件类。

(3)S-Mac协议主模块:S-Mac协议的逻辑在这个模块中实现,通过继承了J-SIM中的组件类,主要实现了S-Mac协议之中定义的节点周期性睡眠和冲突避免的核心算法。它与整个传感器网络模拟模块的链路层和网络层通过两个端口进行通讯。

## 3 使用J-SIM模拟传感器网络

模拟场景包括1个汇聚节点、两个目标节点和 $n^2 - 1$ 个传感器节点,均匀分布在以Sink节点为中心(0,0)的1500m×1500m的正方形区域内,目标节点初始位置为(0,1350)和(0,1500)。目标节点每秒发出一个传感信号,传感距离200m,每秒随机方向移动10m。传感器节点物理层设置的门限是3.0,无线发射功率为0.2818W,接收信号门限是 $1.0 \times 10^{-11}$ 。图4的模拟结果是对比J-SIM中使用IEEE802.11和S-Mac协议的结果,结论是当节点密度达到一定程度时使用S-Mac协议,整个网络生存期明显延长。图5的模拟结果是J-SIM和NS2使用同种环境进行的模拟,当节点数超过 $14^2 - 1$ 后,NS2模拟直接内存溢出,不能继续进行,而J-SIM则可以继续进行模拟。

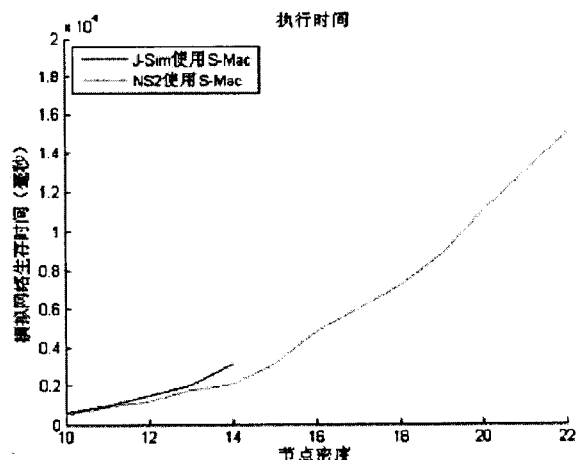


图4 J-SIM和NS2模拟对比

## 4 结束语

目前,无线传感器网络已经成为计算机科学界一个非常重要的研究领域,而可以选择的网络模拟器有许多,商业模拟器比较昂贵,免费的模拟器用起来入门也比较困难,而J-SIM的出现给研究者提供了新的

选择,完全使用 Java 开发的 J-SIM 注定了开始拥有许多 Java 的优越性,譬如跨平台,性能稳定,开发简单等。以实际的 S-Mac 协议为例,在已有的模拟框架基础上实现了 S-Mac 并进行了仿真,得到的试验结果既证明了 J-SIM 仿真结果的正确性,又证明了 J-SIM 在性能上优于 NS2。

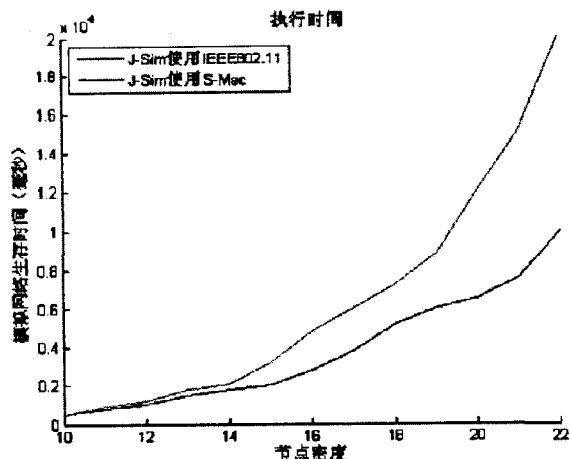


图 5 J-SIM 使用 Mac IEEE802.11 和 S-Mac

#### 参考文献:

- [1] Tyan Hung-ying. Working With J-Sim[DB/OL]. 2003-12-10. [http://www.j-sim.org/tutorial/jsim\\_tutorial](http://www.j-sim.org/tutorial/jsim_tutorial).

(上接第 93 页)

乱变异,冲出当前局部最优解,优化各子段的解,从而优化当前最优解,改善解的质量,改善蚁群算法过早停滞现象,取得较好的效果。

#### 参考文献:

- [1] Dorigo M, Optimization, Department of Electronics, learning and nature algorithms[D]. Politecnico di Milano, Italy: Department of Electronics, 1992.
- [2] Colomi A. Ant system for job-shop scheduling[J]. JORBEL, 1994, 34(1): 39-53.
- [3] Colom A, Dorigo M, Manieaao V. Distributed optimization by ant colonies[C]//Proc of the First European Conf. On Artificial Life. Paris, France: Elsevier Publishing, 1991: 134-142.

(上接第 166 页)

着 RFID 技术的不断发展,其他标准法规的不断完善,其在物流领域的应用也将不断深入。

#### 参考文献:

- [1] 刘守义,毛丰江. 智能卡技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.

html.

- [2] Ye W, Heidemann J, Estrin D. An energy-efficient mac protocol for wireless sensor networks[C]//in Annual Joint Conference of the Computer and Communication Societies (INFOCOM). New York, NY, USA: IEEE, 2002: 1567-1576.
- [3] Sobeih A, Hou J C, Kung Lu-Chuan, et al. J-Sim: a simulation and emulation environment for wireless sensor networks[J]. Wireless Communications, 2006, 13(4): 104-119.
- [4] Sobeih A, Viswanathan M, Hou J C. Check and simulate: a case for incorporating model checking in network simulation[C]//Formal Methods and Models for Co-Design, 2004. MEMOCODE '04. Proceedings. Second ACM and IEEE International Conference. San Diego: IEEE Communications Society, 2004: 27-36.
- [5] Chiras T, Paterakis M, Koutsakis P. Improved medium access control for wireless sensor networks - a study on the S-MAC protocol[C]//Local and Metropolitan Area Networks, 2005. LANMAN 2005. The 14th IEEE Workshop. San Antonio, Texas: 2005.
- [6] Yu Qicai, Xing Jianping, Zhou Yan, et al. Performance Research and Simulation Analysis of the MAC Layer Protocols in Wireless Sensor Networks[C]//Communications and Networking in China. [s.l.]: [s.n.], 2006.

- [4] Coello C A C, Gutierrez R L Z, Garcia B M, et al. Automated design of combinational logic circuits using the Ant System[J]. Engineering Optimization, 2002, 34(2): 109-127.
- [5] Costa D, Hertz A. Ants can color graphs[J]. Journal of the Operational Research Society, 1997, 48(3): 295-305.
- [6] Bullnheimer B, Hartl R F, Strauss C. An improved ant system algorithm for the vehicle routing problem[J]. Annals of Operations Research, 1999, 89: 319-328.
- [7] Stutzle T, Hoos H H. MAX-MIN ant system[J]. Future Generation Computer Systems, 2000, 16(8): 889-914.
- [8] 吴斌,史忠植. 一种基于蚁群算法的 TSP 问题分段求解算法[J]. 计算机学报, 2001, 24(12): 1328-1333.
- [9] 马少平,朱小燕. 人工智能[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.

- [2] Finkenzeller K. 射频识别(RFID)技术[M]. 陈大才,王卓人译. 北京:电子工业出版社, 2001.
- [3] 孙红. 基于物流信息系统[M]. 武汉:武汉理工大学出版社, 2005.
- [4] 陈婀娜. RFID 射频识别技术——未来商场实现的关键技术[J]. 商场现代化, 2006(2): 24-25.
- [5] Hendry M. 智能卡安全与应用[M]. 杨义先译. 北京:人民邮电出版社, 2002.