

文章编号: 2095-4980(2013)02-0224-04

无线传感器网络中目标追踪策略

屈正庚, 赵玉霞

(商洛学院 计算机科学系, 陕西 商洛 726000)

摘 要: 协同信息处理是无线传感器网络研究的难点。以跟踪单目标为基础, 提出了一种基于对策论的协同机制, 对网络节点建立群组方式进行目标跟踪, 动态地分配任务, 随时更新群组成员, 同步信息整合与数据传递, 在实验中让基于对策论与已有的基于实例的协同机制进行对比。实验结果证明, 采用基于对策论方式进行目标跟踪准确率明显提高, 网络能量消耗大幅度降低, 信息传递流畅, 满足了网络节点的动态扩展性与适应性。

关键词: 无线传感器网络; 实例; 对策论; 目标跟踪

中图分类号: TN972⁺.22

文献标识码: A

Wireless sensor networks in target tracking strategy

QU Zheng-geng, ZHAO Yu-xia

(Department of Computer Science, Shangluo University, Shangluo Shaanxi 726000, China)

Abstract: Collaborative information processing is the difficulty of the wireless sensor network research. To track a single target, a collaborative mechanism based on game theory is proposed, which creates a group way for the network nodes to execute target tracking, dynamically allocating tasks, updating the group members at any time, the synchronous information integration and data transfer. In the experiment, the collaborative mechanisms based on game theory and based on the instances are compared. Experimental results indicate that, target tracking based on game theory shows a significantly higher accuracy rate and significant reduction in network energy consumption; and its smooth transmission of information can adapt to the dynamic scalability and adaptability of the network nodes.

Key words: Wireless sensor networks; instance; game theory; target tracking

网络化的无线传感技术是未来发展的一个重要技术, 1999 年 Business week 预测无线传感网络是 21 世纪最重要技术之一。利用廉价的传感设备放置在人类生活的各个角落, 通过无线网络把它连接起来, 感知、处理、控制生活中的各种信息, 让生活变得智能化、信息化。无线传感网络其实是一个分布式系统, 利用网络中多个节点共同处理事情, 解决实际存在的一些问题。但是多个节点协同工作是无线传感器网络存在的难点, 如何让多个节点协同工作, 保证感知的信息及时传输和各个节点数据一致性是关键^[1]。在无线传感器网络中存在大规模的拓扑结构, 无数的网络路由设备, 对这些设备能够动态扩展和灵活适应是目前领域一个新的挑战^[2]。当前无线传感器网络主要应用于目标跟踪。Ortiz 等人提出了基于中心任务分配策略来解决协同工作^[3-4]。Yadgar 等人采用分层技术应用无线传感器网络^[5]。Krishnamachari 等人提出了分布式约束条件来解决无线传感器网络中协同工作问题^[6]。Soh L K 等人将基于实例推理机制用于无线传感器网络的协同任务分配^[7]。

1 基于实例的协同机制

在网络中, 通过外部事件触发传感器进行工作, 传感器选择最早接到信息的节点作为发起者。根据实例库, 对发起者进行评价与融合, 形成一个群组。如果彼此达成一致意见, 则融合成功, 此时就可以分配相关任务进行工作。如果意见不一致, 则失败, 放弃加入群组。

所有的任务都要通过事件触发进行分配, 无事件触发该群组工作时, 可以对群组解散。无需长期维持状态,

收稿日期: 2012-04-24; 修回日期: 2012-06-04

基金项目: 陕西省教育厅科研计划资助项目(12JK0747)

这样降低了网络数据传输负载能力。但是在基于实例的协同机制中存在一定的局限性: a) 自身必须具备完善的实例库, 对网络节点触发要求高; b) 触发事件根据自身的经验值与历史记录选择协同策略分配任务; c) 经过触发事件后, 一旦各个节点结成群组后长时间保持这种关系, 改变现状难度大。

2 基于对策论的协同机制

对策论在协同工作中已经有了广泛的应用, 尤其在资源整合、信息共享、数据传递方面相当成熟^[8]。把对策论方式引入到无线传感器网络中, 可以解决基于实例的协同机制中存在的问题。

采用对策论机制跟踪目标的基本过程如下:

1) 首先根据传感器设备检测网络节点是否有目标跟踪, 如果有, 等待时机成熟后将该节点加入到一个群组中去, 并把此节点提升为领头者, 同时对群组中所有成员分配一些任务, 收到消息的节点及时给予回复, 表示已经收到任务, 没有收到的再次分发任务。

2) 在同一个群组中, 如果回复消息的节点没有超过一半以上, 则此次分配的任务无效, 所有节点放弃自己的任务, 表示目标跟踪失败。如果回复消息超过一半以上, 则领头者向群组广发消息, 全面检测当前状态, 快速跟踪目标, 向群组中所有成员发起非常明确的任务书。

3) 群组成员得到任务书后, 立即跟踪目标, 完成相应的任务, 通过网络时时刻刻进行信息传递与任务整合, 不定期地向领头者汇报自己的进展情况, 最终成功地获得目标的位置。

4) 经过一段时间后, 领头者随机向群组成员发出消息, 检测当前成员的动态趋向、目标信息跟踪的情况等。如果领头者收到的回复有些失望, 此时选择新成员随时更新群组, 保证群组随时随地畅通无阻。如果领头者发出消息后长时间无法获得回复信息, 则认为跟踪目标已经转移, 不在监控的范围之内, 解散当前群组, 重新进行组合优化。

5) 通过对策论方式, 推断出需要跟踪的目标转移到的位置, 这时采取同步协同的方式进行捕获, 让所有网络节点形成一个环的状态, 在环形内部搜索扫描, 一步一步缩小环的范围, 直到追踪到所需要的目标节点为止。

基于对策论的协同机制继承了基于实例的优点以外, 还很好解决了它的不足, 而且在目标跟踪上成功率大幅度提高, 降低了网络节点的负载能力, 不需要建立大规模的实例库, 节省了存储信息的空间, 减少了传感器能量的耗损。在群组成员中保证了每个成员的自由性, 每次目标跟踪由领头者发起, 而且任务是动态分配, 简化了跟踪过程, 提高了协同效率。对无线传感器网络的扩展性与适应性有显著改善, 网络延迟大幅度降低, 网络监测的准确性明显提升。

3 案例验证

3.1 实验环境

采用 VisualSense 仿真工具进行实验分析, 把对策论的协同机制与实例的协同机制进行对比。在实验过程中, 采用 $800\text{ m} \times 800\text{ m}$ 的正方形矩阵列分布传感器节点, 相邻传感器节点之间的距离为 200 m , 通过运动的声源每秒钟发出 1 个信号, 信号的覆盖范围为 250 m , 见图 1。

在这个实验中给出规定: a) 在传感器网络中只考虑网络传输消耗能量, 忽略通信消耗能量与冲突问题; b) 网络中传感器节点只具备判断目标信号是否存在, 并记录检测到信号所需要的时间; c) 采用三角定位方式确定目标位置。

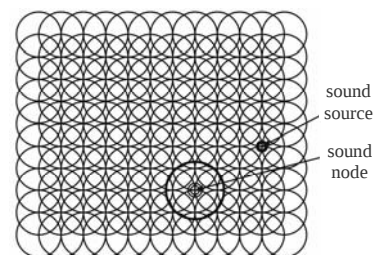


Fig.1 Experimental environment
图 1 实验环境

3.2 性能分析

无线网络传感器检测目标的准确定位和能量消耗是协同工作机制的重要性能指标, 如何在这两者之间寻求一个平衡点是关键。在无线网络中, 每个节点接受一个信息消耗的能量是 $E_r = mE_{\text{elec}}$, 发送一个信息消耗的能量是 $E_s = mE_{\text{elec}} + m\epsilon_{\text{amp}}d^2$, m 为消息大小, d 为传递的距离, E_{elec} 和 ϵ_{amp} 为无线网络通信的固定值^[9], 通常情况下, $E_{\text{elec}} = 50\text{ nJ/bit}$, $\epsilon_{\text{amp}} = 100\text{ pJ/(bit}\cdot\text{m}^{-2})$ 。

实验中规定 m 是一个固定值, $E = 100E_r$ 表示一个能量单位, 每个节点接收一个消息消耗 0.01 个能量单位, 发送一个信息消耗 E_s/E 个能量单位^[10]。假设在规定时间内 t 内, 声源每隔一定时间 t_w 发出一个信号, 则一共发出

的信号源为 $t_t=t/t_w$, 网络传感器检测到的目标个数为 t_g , 丢失的个数为 t_l , 则成功率 $r_g=t_g/t_t$, 失败率为 $r_l=t_l/t_t=1-r_g$ 。

3.3 实验结果

实验过程中通过目标检测的准确率来衡量无线传感器网络的性能^[11]。图 2~图 5 中, 根据群组成员和网络节点数目多少进行分析与对比, 随着成员数增加, 网络能量消耗并没有明显提高, 而目标检测率却显著上升。随着网络节点数增多, 能量消耗有所提高, 但是目标检测率提高的速度更快一些, 幅度更大一些。

对图 2 和图 4 进行分析, 发现基于对策论协同机制的能量消耗是基于实例的一半左右。对图 3 和图 5 进行分析, 可以看出基于对策论协同机制在降低网络能量消耗的同时提升了目标跟踪的准确率, 在图 3 中, 基于对策论的目标检测率提高了 10% 左右, 随着网络成员数的增加, 检测率缓和增加, 平和度很好, 稳定性更强一些。在图 5 中, 基于对策论的目标检测率提高了 5% 左右, 随着网络节点数增加, 检测率大幅度提高, 最后趋于一个稳定状态, 整体效果很好, 达到一种理想状态。所以采用对策论方式在无线传感器网络中进行目标跟踪效果很好, 不需要建立实例库, 降低了网络信号衰减, 提高了网络流畅速度, 达到节能效果, 保证了协同信息一致性与及时反馈性, 加强了目标跟踪准确性。

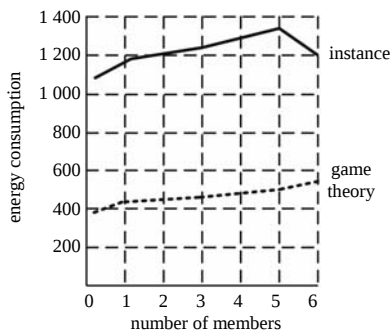


Fig.2 Members of the energy consumption in the network

图 2 不同成员数在网络中消耗能量

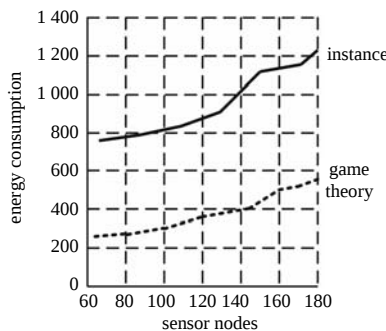


Fig.4 Energy consumption of the different network nodes

图 4 不同网络节点数的消耗能量

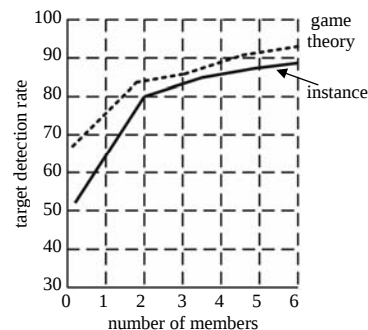


Fig.3 Number of members in the network target detection rate

图 3 不同成员数在网络中目标检测率

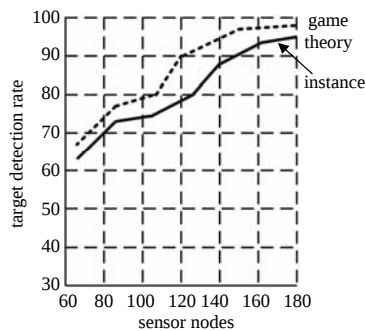


Fig.5 Different network nodes target detection rate

图 5 不同网络节点数的目标检测率

4 结论

无线传感器网络中协同信息处理是一个难题, 在跟踪单目标的前提条件下提出了一种基于对策论的协同机制, 通过建立群组成员方式进行目标追踪, 随时随地动态分配任务, 及时更新成员, 保证网络信息畅通无阻, 满足了无线网络的扩展性与传感器的适应性, 降低了能量消耗。但是这些跟踪都是对单一目标进行的, 在无线网络中对信息传输存在能量消耗和信号衰减^[12], 传感器监控目标还不能够达到 100% 的效果, 这些问题有待下一步的研究。

参考文献:

- [1] 代亮, 沈中, 常义林. 无线传感器网络多轮任务调度算法[J]. 西安交通大学学报, 2010, 44(6): 27-33. (DAI Liang, SHEN Zhong, CHANG Yilin. An Algorithm of Multi-Round Task Scheduling in Wireless Sensor Networks[J]. JOURNAL OF XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY, 2010, 44(6): 27-33.)
- [2] 姚俊邑, 傅焯. 基于 CC2431 实现的无线传感器网络定位[J]. 信息与电子工程, 2010, 8(3): 257-260. (YAO Junyi, FU Xuan. Location estimation based on CC2431 RF transceiver in WSN[J]. Information and Electronic Engineering, 2010, 8(3): 257-260.)
- [3] Lesser V, Ortiz C L, Tambe M. Distributed Sensor Networks: a Multiagent Perspective[M]. Boston Hardbound: Kluwer Academic Publishers, 2010.
- [4] Horling B, Mailler R, Sims M, et al. Using and maintaining organization in a large-scale distributed sensor network[C]// Proceedings of the Workshop on Autonomy, Delegation, and Control. Melbourne, Australia: [s.n.], 2011: 315-319.
- [5] Yadgar O, Kraus S, Ortiz Jr C L. Hierarchical organizations for real-time large-scale task and team environments[C]// AAMAS'02

- Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 3. New York: ACM Press, 2002:1147–1148.
- [6] Krishnamachari B,Wicker S B,Bejar R. On the complexity of distributed self-configuration in wireless networks[J]. Telecommunication Systems, 2011,22(4):33–59.
- [7] Soh L K,satsoulis C. Reflective negotiating agents for realtime multisensor target tracking[C]// Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence. Seattle,WA:[s.n.], 2001:1121–1127.
- [8] 王小平,罗军,沈昌祥. 无线传感器网络定位理论和算法[J]. 计算机研究与发展, 2011,48(3):353–363. (WANG Xiaoping, LUO Jun,SHEN Changxiang. Theory and Algorithms on Localization in Wireless Sensor Networks[J]. Journal of Computer Research and Development, 2011,48(3):353–363.)
- [9] 陆星家,丁永生,李龙飞. 面向无线传感器网络能耗优化研究[J]. 计算机仿真, 2010,27(3):132–136. (LU Xingjia,DING Yongsheng,LI Longfei. The Study of Energy Consumption Optimization Oriented to Wireless Sensor Networks[J]. COMPUTER SIMULATION, 2010,27(3):132–136.)
- [10] 徐小玲,刘美. 面向多目标跟踪的无线传感器网络任务分配[J]. 计算机应用研究, 2010,27(12):4755–4758. (XU Xiaoling, LIU Mei. Oriented multi-target tracking wireless sensor network task allocation[J]. Application Research of Computers, 2010,27(12):4755–4758.)
- [11] 陈国龙,郭文忠,陈羽中. 无线传感器网络任务分配动态联盟模型与算法研究[J]. 通信学报, 2009,30(11):48–55. (CHEN Guolong,GUO Wenzhong,CHEN Yuzhong. Research on dynamic alliance of task allocation and its algorithm in wireless sensor network[J]. Journal on Communications, 2009,30(11):48–55.)
- [12] 袁晓光,杨万海,史林. 动态大规模无线传感器网络决策融合[J]. 电子与信息学报, 2010,32(12):2976–2981. (YUAN Xiaoguang,YANG Wanhai,SHI Lin. Decision Fusion Under a Dynamic Large-scale Wireless Sensor Network[J]. Journal of Electronics&Information Technology, 2010,32(12):2976–2981.)

作者简介:



屈正庚(1982–), 男, 陕西省西乡县人, 硕士, 讲师, 主要研究领域为协同设计与网络控制.email:quzhenggeng@163.com.

赵玉霞(1978–), 女, 辽宁省丹东市人, 讲师, 硕士, 主要研究方向为图像处理、网络协同.