

广域野生动物追踪系统的设计与实现

刘笑寒 杨 涛 阎保平

(中国科学院计算机网络信息中心 北京 100190)

摘 要 随着可穿戴技术和物联网产业的发展, 野生动物追踪领域面临革新式的进步。通过对追踪技术的发展进行全面的阐述, 设计和实现了基于卫星定位和移动通信技术的野生动物追踪系统。根据安装在动物身上的追踪设备采集的定位、加速度、信号强度等信息, 我们开展了初步的系统节能机制、动物行为判断等研究, 并对实证实验和系统改进进行讨论。本系统提供了野生动物短时间内活动和行为的监测方法, 对物种的生态学研究具有重要的意义。

关键词 野生动物追踪; 可穿戴技术; 行为判断; 节能机制

中图分类号 TP 399 **文献标志码** A

Design and Implementation of Wide-Area Wildlife Monitoring System

LIU Xiaohan YANG Tao YAN Baoping

(Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract With the development of wearable technology and Internet of Things industry, the field of wildlife tracking was undergoing innovative progress. In this paper, the development of tracking technology was reviewed comprehensively, wildlife tracking system based on satellite positioning and mobile communication technology was designed and realized. According to those signals such as location, acceleration and signal intensity, which was collected by tracking devices installed on animals, preliminary research of system energy saving mechanism and animal behavior recognition were carried out. In addition, the empirical test and system improvement were discussed. This proposed method for monitoring wildlife short-time movement and behavior has great significance for species ecology research.

Keywords wildlife tracking; wearable technology; behavior recognition; energy saving

1 引 言

近年来, 人们逐渐认识到保护生态环境和野

生动物的的重要性, 科研人员采用多种通信技术对野生动物进行追踪, 应用于迁徙路线、栖息地、环境变化等研究领域。

过去 5 年, 可穿戴技术和物联网产业迅速发

收稿日期: 2015-04-25 修回日期: 2015-07-15

基金项目: 中国科学院计算机网络信息中心青年基金; 中国科学院青年创新促进会经费

作者简介: 刘笑寒(通讯作者), 副研究员, 研究方向为下一代互联网、传感器网络, E-mail: liuxiaohan@cnic.cn; 杨涛, 高级工程师, 研究方向为科研信息化; 阎保平, 研究员, 研究方向为科研信息化。

展, 定位追踪领域迎来革新式的进步。

追踪系统根据应用场景可采用卫星、无线通信等技术进行定位, 并可采用移动通信、无线通信等技术进行数据传输。

1.1 野生动物追踪系统相关技术

野生动物的活动具有广域性, 因此定位主要采用卫星定位技术, 主要有美国的 GPS 系统、俄罗斯的 Glonass 系统、欧洲的 Galileo 系统、中国的北斗系统等。野生动物定位及监测信息的传输技术主要有: 无线通信、卫星通信、移动通信、短距离无线通信技术。

(1) 无线通信

野生动物无线追踪技术自上世纪 50 年代发明以来, 从采用无线电信号强度判断动物所在位置, 发展到现在采用无线通信传输动物的定位信息, 已经有了广泛的应用。研究人员提出了很多无线通信系统, 如荷兰阿姆斯特丹大学的 UvA-Bits 系统^[1], 微软剑桥研究院的 Mataki 系统^[2], 日本新潟大学的 WABMS 系统^[3], 美国普林斯顿大学的 ZebraNet^[4]等。

然而无线追踪系统只能在几公里范围内实现追踪, 适合活动范围不广的野生动物。若安装在迁徙动物身上, 只能在动物返回栖息地时获取历史定位信息。

(2) 卫星通信

从上世纪 80 年代开始, 科研人员采用卫星通信进行信息传输实现野生动物追踪, 如 Argos 系统、NorthStar 系统、GlobalStar 系统、铱星系统等。卫星通信可以实现全球范围内的信息传输, 然而其上行通信费用较高, 普及困难。

(3) 移动通信

近年来, 移动通信技术和智能终端飞速发展, 采用 GSM/GPRS 的追踪技术越来越多地被人们所熟知。由于移动通信的通信费用较低, 从汽车追踪, 到儿童老人的定位看护, 都有着广泛的应用。

但是, 很多野外环境没有安装移动通信基站, 而且由于通信标准的差异, 移动通信的传输方式多限于国内使用。所以, 信息的存储与发送方式、通信可信区域的判定是采用该方式传输的重点研究方向。

(4) 短距离无线通信

30 年前, Mark Weiser 提出普适计算, 近 10 年间, 我们逐渐进入物联网和万物互联的时代。传感器网络相关技术如 IEEE 802.15.4、Zigbee、射频识别技术 (Radio Frequency Identification, RFID)、近场通信技术 (Near Field Communication, NFC) 已被应用到野生动物追踪领域。

短距离无线通信更适合栖息地监测研究以及动物小范围内的行为监测研究。如用于栖息地监测的美国加州大学伯克利分校的 MOTE 系统^[5]、日本长冈科技大学的 Arkas 系统^[6]等; 用于采集和分析动物活动信息的美国路易斯安那大学拉菲特分校的 FINDERS 系统^[7]等。

以上通信方式各有特点, 在实际应用中应根据不同物种的生活习性、活动范围选择相应通信方式进行追踪。除定位和通信技术外, 追踪器的小型化设计、供电系统及节能机制也是重要的研究方向。

1.2 研究基础

青海湖是我国面积最大的内陆咸水湖泊, 是青藏高原野生动物的重要栖息地。野生动植物资源极为丰富, 其中国家一、二类保护动物 35 种, 占全国的 32.3%。但是, 目前 15%~20% 野生动植物资源濒临灭绝。普氏原羚是我国特有的珍稀物种, 仅生存于青海湖流域。青海湖在野生鸟类的南北大迁徙中处于重要的地理位置, 是野生鸟类的重要栖息繁殖地, 特别是迁徙到东南亚、西伯利亚、澳大利亚以及新西兰的候鸟的必经路线。

在过去的研究工作中, 我们在青海湖流域采用无线电技术、RFID 技术、Argos 卫星通信

系统对鸟类进行追踪^[8]。2007年至2008年，我们和青海湖管理局、中国科学院动物研究所、美国地质调查局(United States Geological Survey, USGS)合作开展候鸟迁徙路线卫星跟踪研究。两年内分四次在保护区为野生鸟类捕捉安装GPS跟踪器64个。截至2009年5月，共获得48万条数据，经过格式转换、排重等预处理，共获得超过10万条数据，建立了鸟类卫星跟踪数据库。主要用于研究鸟类迁徙行为、鸟的迁徙与病毒传播的关系以及鸟的迁徙与环境样带的关系等。

随着可穿戴技术和物联网产业的发展，研发新一代野生动物追踪系统非常重要。本研究设计和实现基于卫星定位和移动通信技术的野生动物追踪系统。根据追踪设备采集的定位、加速度、信号强度、高度等信息，我们在节能机制、动物行为判断等方面开展了初步的研究。本文第二部分介绍系统设计与实现，第三部分介绍初步的实证实验，第四部分进行总结并介绍近期的研究计划。

2 野生动物追踪系统的设计与实现

系统的初期设计分为两部分，均采用卫星定位技术：采用GSM/GPRS进行信息传输的系统A如图1所示；采用无线通信进行信息传输的系统B如图2所示。

2.1 系统设计

2.1.1 系统整体结构

系统的整体结构包括硬件层、中间件、应用层等三部分。应用层主要包括定位和动物行为识别；中间件包括数据通信协议、数据存储、节能算法、通信可信区域的判定与更新；追踪器硬件框图如图3所示，由控制单元(MCU)、存储器、GPS模块、GSM/GPRS通信模块、传感器、供电系统等部分组成。其中，传感器包括加速度计、高度计、光照计、温度计。

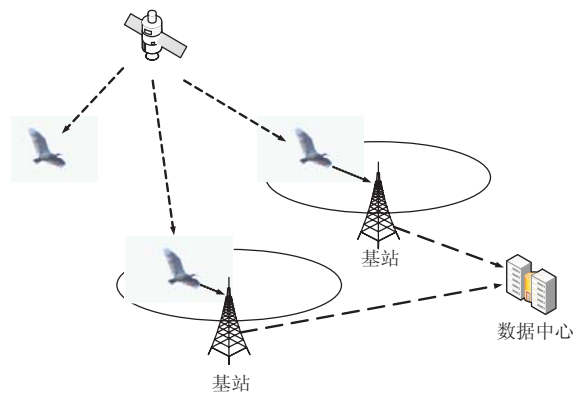


图1 系统A: 采用GSM/GPRS进行信息传输

Fig. 1 System A: Data transmission using GSM/GPRS

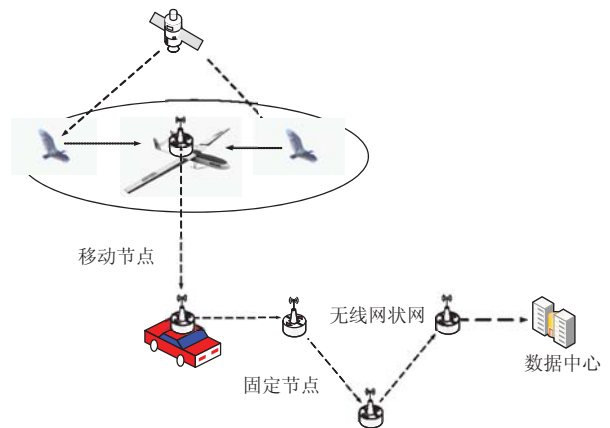


图2 系统B: 采用无线通信进行信息传输

Fig. 2 System B: Data transmission using wireless communication

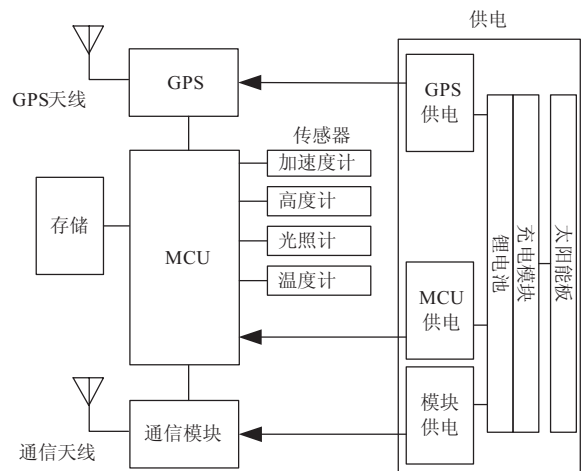


图3 追踪器硬件框图

Fig. 3 Wildlife tracker's hardware configuration

系统还具有余电量检测、信号强度测定等功能。

2.1.2 软件设计

系统软件包括系统基本功能和系统节能机制的实现。为节省系统能耗, 可根据不同传感器的信息, 控制各组件启动和休眠时序。追踪器的工作过程如图 4 所示。

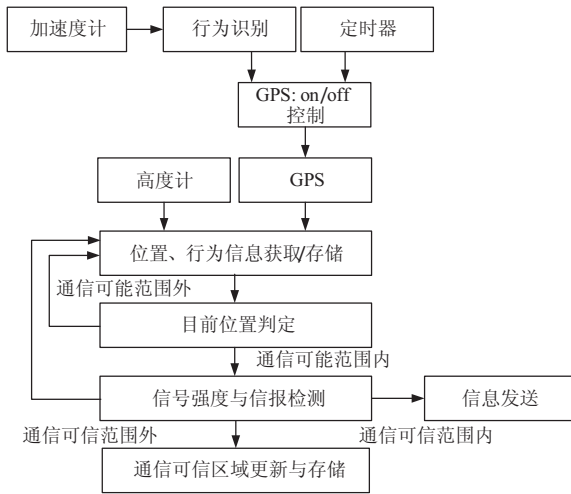


图 4 追踪器工作过程

Fig. 4 Wildlife tracker's working process

在追踪器中, 高度计和加速度计一直工作, 追踪器根据加速度计和高度计的信息进行动物的行为识别, 如飞行、静止等。当判断动物从休息状态转换到活动状态时, 相继启动 MCU、GPS 获取定位数据, 根据通信可信区域的判定, 启动移动通信模块进行信息传输, 照度和温度数据对动物行为判断提供参考作用。以系统 A 为例, MCU、GPS 模块、移动通信模块的样例时序如图 5 所示。

2.2 节能机制

野生动物生活的环境大多远离城市, 迁徙鸟类会在世界范围内飞行, 当动物在通信可信区域外活动的时候, 大量数据会存储在存储器。因此数据存储管理和通信可信区域判定对于追踪器的有效工作与能耗节省非常重要。我们从以下几方面开展系统节能机制研究:

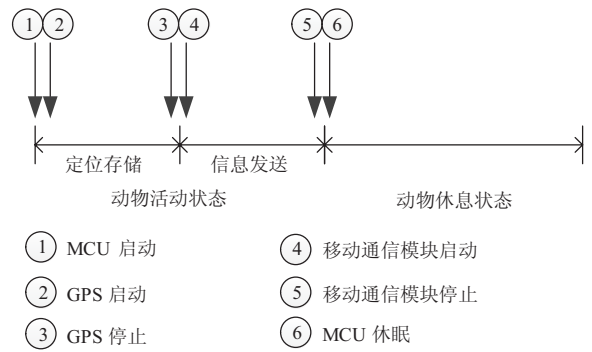


图 5 追踪器硬件工作时序

Fig. 5 Wildlife tracker's hardware working sequence

(1) 数据的区分和存储方法

追踪器根据对传感数据和系统数据的区分、处理和分析, 对各组件模块进行控制, 并筛选出可传输数据, 通过通信模块发给数据中心。

(2) 系统组件启动和休眠机制

根据动物的活动规律和传感器数据, 设计具有适应性的、可扩展的系统组件控制机制和算法。

(3) 通信可信区域判定及更新机制

在一些鸟类、兽类生活的野外环境中, 由于移动通信基站数量少, 或鸟类飞行高度过高等原因, 会出现追踪器不在有效通信范围内的情况, 不能及时将信息发送到基站。为此, 我们针对系统 A 和系统 B 的两种通信方式, 设计并实现通信可信区域的判定及通信机制。

在数据中心一侧, 根据追踪器发来的历史信息和野生动物的活动习性, 预估动物所在位置范围, 定时向追踪器发送通信信报。

在追踪器一侧, 建立通信可信区域数据库。追踪器收到通信信报后, 同数据中心建立握手连接, 即进行信息传输。传输后, 将所在区域加入到通信可信区域数据库, 进行更新, 并根据信息接收成功率判断不同位置、高度的通信品质。

(4) 定位与动物行为识别应用研究

在(1)和(2)的基础上, 开展定位数据分析与

控制处理、动物行为识别准确性的提高算法等研究。动物的行为主要根据加速度计的数据进行判断,并参考高度计、照度计、温度计的数据。本文着重于根据数据和时间进行动作的区分与行为的定义。

2.3 追踪器 1.0

目前已经完成追踪器 1.0 版,追踪器硬件(除去电池和外盒)如图 6 所示,MCU 采用 STC 15W32S4, GPS 采用 Holux M9339, 加速度计采用 InvenSense MPU-6050。



图 6 追踪器 1.0

Fig. 6 Wildlife tracker 1.0

3 实证实验

我们对追踪器 1.0 开展了硬件性能测试,包括增减电压试验:测试追踪器在电压出现波动时(3.5~4.4 V)的工作情况;静电实验:测试追踪器在静电干扰下(± 15 kV)的工作情况;信赖性实验:测试追踪器在各种环境下(高温 40℃、低温 -20℃、高湿 90%)的工作情况,追踪器均通过测试并能够正常工作。

追踪器 1.0 的正常工作电流小于 50 mA, 满负荷工作电流为 102 mA, 待机电流 0.8 mA, 锂电池容量为 300 mAh, 太阳能板最大充电电流为 30 mA。理论上无日照待机时间为 26 天,若追踪

器工作频度为 1 小时,无日照可正常工作 8 天。

目前已开展了初期试验,具体实验内容有:野外实际环境的动物追踪;设备是否影响动物日常生活和行为实验;系统供电能效实验;信息传送延迟、处理时间测定实验及信息传输机制研究。其中,追踪试验如图 7 所示,采用加速度计的动物行为识别试验如图 8 所示。

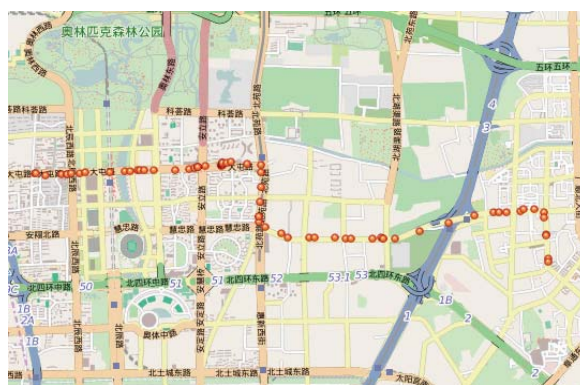


图 7 追踪实验

Fig. 7 Tacking experiment



图 8 动物行为识别实验

Fig. 8 Wildlife behavior recognition experiment

4 总结

随着微系统技术的不断发展,物联网越来越贴近人们的日常生活。野生动物观测设备的小型化、轻量化,以及更有效地观测更多样的指标,是本文的研究重点。

本文在对野生动物追踪技术和发展趋势进行全面分析的基础上, 介绍初步的野生动物追踪系统的设计与实现, 及相关试验工作。根据追踪器采集的定位、加速度、信号强度、高度等信息, 可以观测野生动物短时间内的活动和行为, 可作为物种生态学研究的重要辅助手段。

对于系统的信息传输, 移动通信和无线通信各有优势, 在实际部署中, 应根据物种的习性, 合理选择通信方式。在对系统的节能机制研究上, 本文从数据区分和存储方法、系统组件启动和休眠时序、通信可信区域判定及更新、动物行为识别等 4 个方面进行了讨论。

同过去广泛采用的 Argos 追踪器相比, 本研究设计的追踪器除具有定位功能外, 在数据传输的实时性、动物行为识别方法、系统节能机制等方面具有一定的优势, 对相关学科领域的研究人员具有借鉴意义。

参 考 文 献

- [1] Bouten W, Baaij EW, Shamoun-Baranes J, et al. A flexible GPS tracking system for studying bird behavior at multiple scales [J]. *Journal of Ornithology*, 2004, 154(2): 571-580.
- [2] MATAKI Project [OL]. [2015-04-25]. <http://www.mataki.org>.
- [3] Mase K, Kajita T, Zhang Y. A wide-area bird monitoring system using geographically distributed base stations [C] // *Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, 2011: 2059-2064.
- [4] Zhang P, Sadler CM, Lyon SA, et al. Hardware design experiences in ZebraNet [C] // *Proceedings of ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, 2004: 227-238.
- [5] Polastre J, Szewczyk R, Mainwaring A, et al. Analysis of Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring [M] // *Wireless Sensor Networks*. Springer US, 2004: 399-423.
- [6] Yamamoto H, Minomi S, Nakamura K, et al. Development of arkas sensor platform and application for heavy snowfall observation [C] // *2012 IEEE/IPSJ 12th International Symposium on Applications and the Internet*, 2012: 399-404.
- [7] Yang Z, Wui H. FINDERS: a featherlight information network with delay-endurable RFID support [J]. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 2011, 19(4): 961-974.
- [8] Huang X, Luo Z, Yan B. Cyberinfrastructure and e-science application practices in Chinese academy of sciences [C] // *Proceedings of IEEE 7th International Conference on E-Science*, 2011: 348-354.