

The Wireless Sensor Network Management System for the Geological Disaster Monitoring and Warning Based on Nagios and Cacti Platform*

Hongzhuang Zhao¹, Weidong Li¹, Pinggen Zhou²

¹China Earthquake Network Center, Beijing

²China Institute for Geo-Environmental Monitoring, Beijing
Email: zhaohzh@seis.ac.cn

Received: Nov. 1st, 2012; revised: Nov. 16th, 2012; accepted: Nov. 26th, 2012

Abstract: Wireless Sensor Network is a new network accompanied by the rapid technological progress and development of micro-electronics, embedded systems, wireless communications. It can real-time monitoring, sensing, target acquisition and processing information, and is one of the hot-research fields. For monitoring and pre-warning geological disasters, such as landslides, collapses and mud-rock flow, we developed a network management software for wireless sensor network based on Nagios and Cacti platform, which can monitor geological changes and provide early warning information by monitoring wireless sensor node.

Keywords: Wireless Sensor Network; Geological Disasters; Nagios and Cacti; Network Management

面向地质灾害监测预警应用的无线传感网网络管理系统*

赵洪壮¹, 李卫东¹, 周平根²

¹中国地震台网中心, 北京

²中国地质环境监测院, 北京
Email: zhaohzh@seis.ac.cn

收稿日期: 2012年11月1日; 修回日期: 2012年11月16日; 录用日期: 2012年11月26日

摘要: 无线传感器网络是伴随着微电子、无线通信和嵌入式系统等技术的快速进步而发展的一种新型网络。它能够实时监测、感知、采集和处理各种监测对象的信息, 是新兴前沿科技研究热点之一。本文针对地质灾害环境监测预警需求, 通过利用无线传感器及传感网技术对山体滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害环境进行不间断的高精度数据搜集, 设计并实现了一个基于 Nagios 和 Cacti 平台的无线传感网网络管理平台。通过本文开发的监测预警网络管理平台, 可以有效地获得监测信息, 并通过监测预警机制来减少地质灾害频发地区的人员伤亡和经济损失。

关键词: 无线传感器; 地质灾害监测预警; Nagios 和 Cacti; 网络管理平台

1. 引言

线传感器网络(WSN, Wireless Sensor Networks)是一种全新的网络化信息获取与处理技术, 具有动态

*基金项目: 国家科技重大专项——新一代宽带无线移动通信网: 面向地质灾害监测预警的传感器网络研发与应用验证(2010ZX03006-007)。

自组网、无线多跳路由和多路径数据传输功能^[1]。无线传感器网络是由分布在不同位置的具有数据采集及处理单元、通信模块的无线传感器节点构成的网络, 能够对多个对象实施时间监测、数据采集和控制^[1]。无线传感器网络可以感知、收集、分析、处理各

种信息,包括温度、湿度、地表信息等,同时结合数据融合技术处理信息^[2],已经在军事领域、农业、安全监控、环保监测、建筑领域、医疗领域、工业监控、智能交通等领域得到了广泛的应用^[1,2]。

突发性山体滑坡、崩塌、泥石流是我国最严重的几种地质灾害类型^[3],因其发生时间短、隐蔽性强、破坏性大,造成重大人员伤亡和巨大经济损失^[4]。目前为止,国内已经建立的用于监测突发性滑坡、崩塌、泥石流的自然灾害的网络^[5],由于受到复杂的地理条件、技术因素等影响,大多采用人工收集方式,导致出现数据收集不及时,信息覆盖不足的缺点,难以实时动态监测滑坡泥石流地质灾害并提供预警机制^[6]。本文通过建立基于 Nagios 和 Cacti 平台的新的地质灾害预警无线传感网络,进一步提升无线传感网对自然灾害的监测预警能力,提高地质灾害监测覆盖范围和可靠性,从而减少人员伤亡和经济损失。

2. 智能无线传感网的网络管理体系结构

智能传感器组网技术研究主要包括网络体系结构设计、通信协议研究、智能网络管理研究、应急信息系统研究四个方面:1) 在网络体系结构设计方面,根据滑坡泥石流监测预警特点,设计适合长期监测的网络体系结构和灾后应急通信保障网络体系结构,满足不同条件下多媒体信息的有效传输;2) 在通信协议方面,将采用高效的跨层优化模型和轻量级的自适应优化策略,应用与带宽相关的 QoS 自适应多媒体的宽带网络传输协议;采用多感知智能联动机制,实现事件激励的多节点协同和感知数据的前端处理;运用面向滑坡泥石流监测的网络协议优化技术、网络协作快速构建技术、可靠路由技术和自适应节能机制,实现多感知异构传感网可靠传输,并通过实验仿真和实际测量完成协议模型参数的优化;3) 在智能网络管理研究方面,基于两级质量控制方式,利用网络传感数据动态查询技术;运用基于 QoS 的网络管理优化调度策略,实现综合获益最优;4) 在应急信息管理系统研究方面,根据应急通信网络协议,采用支持实时的应急多媒体监视系统。

适应滑坡泥石流监测预警的网络体系结构具有如下几个特点:1) 支持长期监测多感知信息协同的可扩展自组织的分层网络体系结构;2) 支持机会通信和多媒体宽带的灾后应急通信快速部署保障的网络体

系结构;3) 适应滑坡泥石流监测传感器部署密度和位置特点的传输、中继部署特性;4) 与移动通信融合的支持长期监测的分层网络体系结构。

此外,监测地质灾害的传感器节点构成一个异构的网络。例如,雨量传感器、含水率传感器、测斜传感器、位移传感器产生的数据量小,且数据时效性不强;而地声传感器、GPS 设备与视频传感器产生的数据量大。为了在满足数据要求的条件下更好的利用带宽资源,必须采用低速率与高速率传感器节点共存的异构网络体系结构。因此,雨量传感器、测斜传感器、位移传感器采用低速率网络传输协议;相反,地声传感器、GPS 设备与视频传感器采用高速率宽带网络传输协议。

针对,地质灾害监测预警无线传感器网络上上述的技术要求和应用要求,无线传感器网络后台管理软件一般由三大部分组成,如图 1 所示。无线传感器网络采集环境数据,并通过传输网络将数据传输到后台管理平台(远程应用),后台管理平台(远程应用)对这些数据进行分析、处理、存储,以得到无线传感器网络的相关信息,对无线传感器网络的运行和环境状况进行监测^[7]。此外,后台管理平台也可以发起任务并通过传输网络告知无线传感器节点,从而完成特定任务。

整个地质灾害无线传感网络监测系统为三层的 MESH 网络,由无线传感器网络层、网关层、以及 TD-SCDMA 和远程监控中心层^[8](见图 2)。

第一层为使用 ZigBee 协议的低速率探测传感器网络。网络中的各种探测传感器节点与中继节点通过

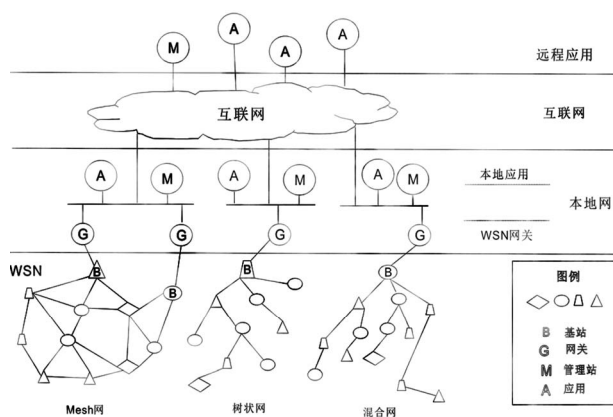


Figure 1. Network function and structure of the wireless sensor network (after Ref. [7])

图 1. 无线传感器网络网络管理框架—网络功能与结构图(修改自文献[7])

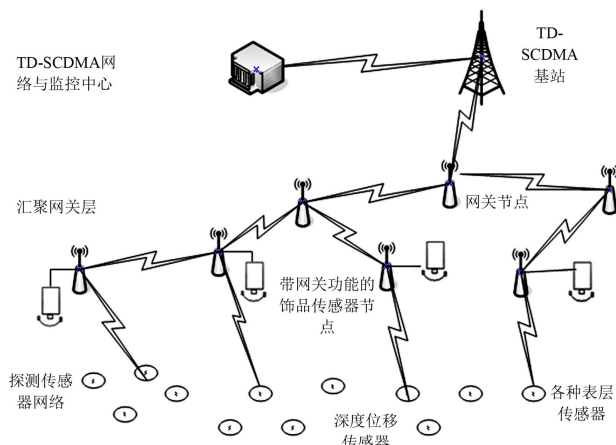


Figure 2. Network architecture for monitoring and pre-warning geological disasters based on wireless sensor network
图 2. 基于无线传感网技术的地质灾害监测预警系统网络架构

带有快速邻居发现与更新的自组织网络协议，自组织成网的方式形成最底层的传感器监测网。协议的自组织性主要体现在，传感器节点故障时的网络快速愈合能力和新的节点增加部署时的快速组网能力。为了能够得到有效及时的监测信息，在监测区域布置了采用 ZigBee 协议的传感器节点，如雨量计、深部位移计、地表位移裂缝计、孔隙水压计等，这些传感器节点与中继节点通过自组织的方式形成最底层的传感器监测网络。

第二层为汇聚网关层，使用 WiFi 进行数据的传输，该层包括 ZigBee-WiFi 网关、WiFi 中继节点、TD-SCDMA 网关与大数据量的音视频传感器节点、GPS 传感器节点和地声传感器节点。探测传感网络中的数据可以通过任一个 ZigBee-WiFi 网关接入汇聚网关层，通过在汇聚网络中的中继到达某一 TD-SCDMA 网关，TD-SCDMA 网关具有 WiFi 到 TD-SCDMA 的协议转换功能，能够将使用 WiFi 汇聚到的数据通过 TD-SCDMA 网络发送到监测中心。为了满足大数据量的传感器设备如音视频传感器等的数据速率要求，也将他们放入到汇聚网关层，他们可以以单跳或多跳的方式将数据传送至 TD-SCDMA 网络中。

第三层为 TD-SCDMA 网络与地质灾害监测中心站。远程监控中心采用 TD-SCDMA 网络与地质灾害监测中心站进行数据交换。TD-SCDMA 网络具有覆盖范围广、数据传输率高的特点。使用 TD-SCDMA 网络可以基本满足当前的监测传感器与多媒体数据的传输需求，并可以大大降低研发和部署成本。

3. 地灾监测无线传感网络管理系统技术方案

用于监测突发性山体滑坡、崩塌、泥石流的无线传感网络管理平台选择基于 Nagios 和 Cacti 平台进行二次开发。Nagios 网络监控系统是基于 Linux 平台开发的，采用分布-集中的管理方式，它可以通过代理或无代理的方式监控 Windows/Linux 服务器、路由器和交换机、网关、传感器等设备^[9]。Nagios 服务器本身是没有监测机制的，它是通过插件来连接被监控的主机，被监控的主机通过 Nagios 客户端把自己运行的状况反馈给监控端服务器^[10]，系统管理人员可以通过 web 界面查看设备的连接状态，及时了解被监控对象的运行状态，当被监控对象的监控信息达到了一定的报警阈值时，Nagios 也可以通过设定的通信方式(例如手机、短信、邮件等)给管理人员发送报警信息，及时通知管理人员处理报警信息^[11]。

Cacti 是一套基于开放式互联网 SNMP 协议，运用 php、mysql、snmp 和 rrdtool 开发的网络流量监控工具，可生成对物理设备 CPU、内存、端口流量的监控图^[12]，还可以通过自定义生成丰富的图表，如防火墙的连接数、VPN 连接数、设备环境温度、UPS 电压变化等等。Cacti 有丰富的插件库，可以支持路由器、交换机、防火墙、服务器、存储等等^[13]。针对地质灾害监测预警无线传感网络的需求，在 ubuntu11.04 平台下对 Nagios 和 Cacti 进行二次开发，将新研发的插件集成 Nagios 到 Cacti 框架，形成新的网络管理平台，用于监测预警地质灾害的无线传感网络(见图 3)。

4. Nagios 系统平台配置过程

基于 Nagios 和 Cacti 的地质灾害监测预警无线传

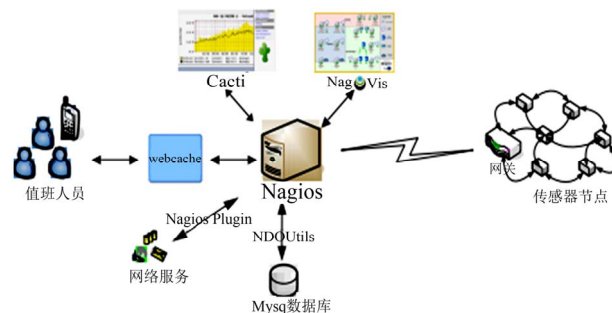


Figure 3. The application framework of the Nagios and Cacti platform (after Ref. [14]) webcache
图 3. Nagios 和 Cacti 平台的应用技术框架(修改自文献[14])

感网络系统是在 ubuntu11.04 平台下安装开发的, 充分利用 Nagios 框架的通信插件, 并集成到 Cacti 框架中^[14], 从而实现监测整个地质灾害无线传感网络的各种传感器、网关等设备。

4.1. Nagios 及插件的安装

Nagios 在 ubuntu11.04 系统上安装^[15]。系统在安装 Nagios 之前需要安装 net-snmp、net-snmp-devel、net-snmp-utils、apache2、libapache2-mod-php5、build-essential、libgd2-xpm-dev 等软件。

1) 进入 root 用户, 建立新的用户, 增加密码

```
#/usr/sbin/useradd-m nagios
#passwd nagios
#/usr/sbin/groupadd nagcmd
#/usr/sbin/usermod-a-G nagcmd nagios
#/usr/sbin/usermod-a-G nagcmd www-data
```

2) 安装 nagios-3.1.0 中文版

```
#/configure --prefix=/usr/local/wsnm/nagios
--with-command-group=nagcmd
#make all
#make install
#make install-init
#make install-config
#make install-commandmode
#make install-webconf
3) 设置登录密码
#htpasswd -c
```

```
/usr/local/wsnm/nagios/etc/htpasswd.users nagios
```

4) Nagios 插件安装

```
#/configure --with-nagios-user=nagios
--with-nagios-group=nagios
#make all
#make install
#ln -s /etc/init.d/nagios /etc/rcS.d/s999nagios
5) 重启 Nagios 和 Apache2
# /etc/init.d/nagios restart
# /etc/init.d/apache2 restart
```

4.2. Cacti 的安装

Cacti 安装之前需要安装 php5、mysql、rrdtool 等, 由于 nagios 集成于 Cacti 为一体, 通过二次开发, 形

成了一个新的地质灾害监测预警无线传感网系统, 在安装 Cacti 之前, 需要把 Nagios 的 share 文件信息整合到这个新的系统中。

1) 创建配置数据库 wsn

```
# mysql -u root -p
# create database wsn default character set utf8;
# grant all privileges on wsn.* to wsn@localhost
```

identified by 'wsn';

```
#flush privileges;
```

```
# use wsn;
```

```
# source /usr/local/cacti/cacti.sql;
```

2) 配置 config.php 和 global.php 文件, 使其与 mysql 连接

3) 编辑 crontab

```
#crontab -e
```

4) 启动 cron 和重启 apache2

```
# service cron start
# /etc/init.d/apache2 restart
```

5. 地质灾害预警无线传感网监测结果

在四川省雅安示范区, 针对该区域降雨充沛, 地质环境脆弱、滑坡泥石流分布广特点, 布设基于无线传感网的雨量计、位移计、视频采集器、GPS 等传感器组成的监测网, 验证滑坡泥石流监测预警系统, 进行应急演练和预警信息发布。此外, 在四川省汉旺示范区, 针对汶川地震诱发的大型滑坡, 通过布设基于无线传感网的地下水压力计、位移计、GPS 等传感器组成的监测网, 验证单体滑坡实时监测预警系统。

基于 Nagios 和 Cacti 的监测系统主要通过 Nagios 插件来监测所要被监控的对象, 由于地质灾害监测预警无线传感网这整个网络的传感器及网关被移植了 SNMP 协议, 并定义了新的 MIB 信息, Nagios 监测传感器及网关的信息可以通过 check_snmp 插件进行监控。例如, 在编号为 201 的传感器中扩充的 OID 信息 1.3.6.1.4.1.8000.201.11.1.1.3.0, 即传感器工作的状态信息, 见图 4。

通过创建新的配置文件 sensor201.cfg, 在文件中定义主机和服务信息^[16]

```
define host{
    use          generic-switch
    host_name    w201s01
```

```
alias      wifi201sensor01      1.3.6.1.4.1.8000.201.11.1.1.3.0
address   192.168.1.201      servicegroups //传感器系统信息
hostgroups Sensor Nodes      }
}
define service{
    use generic-service
    host_name w201s01
    hostgroup_name Sensor Nodes
    service_description wsnValue
    check_command check_snmp!-C public -o
```

地质灾害监测预警无线传感网络系统通过配置通过 snmpget 采集数据，使用 rrdtool 绘制图形，可以任意在其指定的时间段内画图，并提供强大的数据和用户管理功能，通过对 Cacti 的配置，创建新的监测对象，通过输入对应的 OID 信息，通过 snmpget 获取数据，产生新的监测图形^[17]。图 5 所示是本机的监测信息的展示图形。



Figure 4. The information of the monitoring and warning geological disasters system
图 4. 地质灾害监测预警无线传感器网络监测信息截图

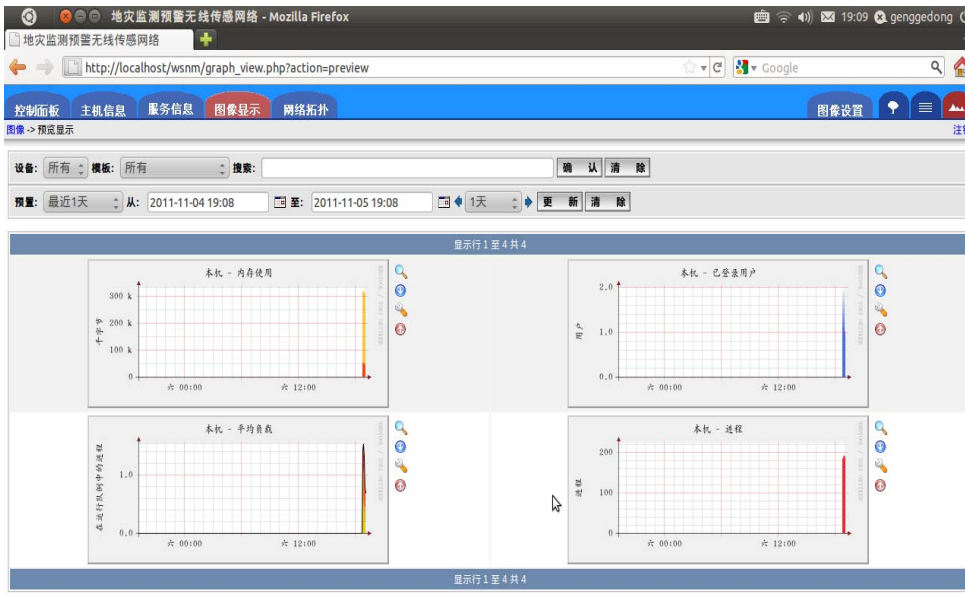


Figure 5. The plot of the wireless sensor or gateway device
图 5. 地质灾害监测预警无线传感器网络监测图形

6. 结论

地质灾害监测预警是我国目前需要大力发展的一个课题,利用无线传感网络技术,通过 Nagios 和 Cacti 的集成网络管理,可以有效地监控及时发现无线传感网网络设备的运行故障,同时监测人员及时发现设备故障,有效地减少了系统管理人员实地考察的设备和运行状态的时间、人员和财力等方面。Nagios 和 Cacti 的系统在地质灾害监测预警项目实际应用中还存在一些不足,如:监测状态的显示,重要信息的选择等,这需要在以后的工作中系统管理人员进行改进^[18]。

7. 致谢

本论文是基于国家科技重大专项:“新一代宽带无线移动通信网”中“短距离无线互联与无线传感器网络研发与产业化”专项的子项目“面向地质灾害监测预警的传感器网络研发与应用验证”完成的,非常感谢中国科学院软件研究所的杨宏和齐良等人,在通讯协议代码编程上的帮助和指导,在此一并致上由衷的谢意。

参考文献 (References)

[1] 杜晓通. 无线传感器网络技术与工程应用[M]. 北京: 机械工

- 业出版社, 2010: 1-30.
- [2] 郑相全. 无线自组网技术使用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 1-25.
- [3] 梁山, 胡颖, 王可之等. 基于无线传感器网络的山体滑坡预警系统设计[J]. 传感技术学报, 2010, 23(8): 1184-1188.
- [4] 许冲, 戴福初, 肖建章. “5.12”汶川地震诱发滑坡特征参数统计分析[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(4): 47-54.
- [5] 杨成林, 陈宁生, 李战鲁. 汶川地震次生泥石流形成模式与机理[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(3): 31-37.
- [6] 刘希林, 陈宜娟. 泥石流点密度和面密度对区域泥石流危险度的影响——对比研究[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(2): 36-44.
- [7] 王金一, 闫保平. 无线传感器网络的网管框架研究与设计[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(35): 5-6.
- [8] E. Hossain, K. K. Leung. 无线 Mesh 网络架构与协议[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 1-50.
- [9] M. Schubert, D. Bennett, J. Gines, A. Hay and J. Strand. Nagios 3 enterprise network monitoring. New York: Syngress, 2009: 4-5.
- [10] 张雷. 基于飞信报警方式的 Nagios 网络监控系统的研究与实践[J]. 考试周刊, 2011, 15: 144-145.
- [11] 宋磊, 王静文. OpenBSD 下基于 nagios 的网络服务监控报警系统的研究[J]. 电脑编程技巧与维护, 2009, 29(12): 112-113.
- [12] T. Urban. Cacti 0.8 beginner's guide. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2011: 1-2.
- [13] D. Kundu, S. M. Ibrahim Lavlu. Cacti 0.8 network monitoring. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2009: 1-2.
- [14] 周伟强, 陆灿华, 李淑娟. 基于 Cacti 和 Nagios 的校园一卡通监控系统研究[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(4): 246-249.
- [15] 张雷. 基于 Nagios 的网络管理监控系统的应用研究[J]. 福建电脑, 2011, 1: 120-121.
- [16] 尤国军. 浅谈基于 Nagios 的网管系统[J]. 价值工程, 2010, 13: 254-255.
- [17] 马彦图. Solaris10 下基于 cacti 的校园网络流量监控研究及实现[J]. 农业网络信息, 2011, 7: 92-94.
- [18] 吴晓燕, 周海生, 吉祥. Nagios 在网络管理工作中的应用与探讨[J]. 高原地震, 2010, 22(3): 58-60.