

Crossbow 平台上的 PMCS 机制实现

陈庆奎, 范雄男, 饶 鸿

(上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 根据无线传感器网络(WSN)具有的异构性与海量数据的特性, 在 Crossbow 平台上搭建 WSN 获取土壤、空气和辐射等数据信息。为方便数据的接收和转发, 在与一个或多个基站建立连接时, 实现一个并行监控系统, 用于监听多个基站的数据接收和转发请求, 同时对 XML 格式数据进行解析, 将有效数据存储到 Oracle 数据库中, 以便于 Web 端应用程序的开发, 从而实现异构数据的灵活配置和多基站服务请求的及时响应和协同工作。

关键词: 无线传感器网络; 数据接收; 数据转发; 监控与控制系统

PMCS Mechanism Implementation on Crossbow Platform

CHEN Qing-kui, FAN Xiong-nan, RAO Hong

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 20093, China)

【Abstract】 According to the characteristics of Wireless Sensor Network(WSN) that the heterogeneity of specific application implementation and massive data, this paper illustrates an implementation which WSN structure is built on Crossbow hardware and base station and is used to obtain vineyards environment arguments such as soil, air and radiation data. In order to implement data reception and forwarding, when one or one more base stations connect to it, this paper implements a Parallel Monitoring and Control System(PMCS) mechanism. It is used to monitor multiple base stations' connection request for receiving and forwarding sensor data, while parsing data in XML format and storing the valid data into Oracle database. It facilitates the development of Web client applications. So it implements the flexible configuration of heterogeneous data and the timely response and cooperative work to service requests from multiple base stations.

【Key words】 Wireless Sensor Network(WSN); data reception; data forwarding; monitoring and control system

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.24.075

1 概述

精细农业对植物的土壤的酸碱度、温室大气的温湿度以及光照度等环境参数都有较严格的要求。传统的温室监控系统主要是基于有线通信方式。这种方式在跨区域、大范围、恶劣环境下部署都较为困难, 且有布线复杂, 维护成本高以及灵活性不足等缺点。随着无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)和物联网^[1-2]等概念和技术的不断提出和发展, 它具有的大规模节点部署、体积小、成本低、自组网、采用低功耗无线通信技术等特点也被证明适合智能农业的发展^[3-4]。已经有研究将 WSN 应用到精细农业灌溉^[5], 还有对应用在精细农业监控的无线传感器网络框架的研究^[6]。文献[7]实现了温室环境信息检测系统, 采用 ARM 处理器和 WinCE 系统的网关。考虑到一个复杂环境可能由多个特定异构 WSN 网络构成, 本文尝试从多个异构 WSN 应用环境角度出发, 协同各 WSN 网络之间上下行各种数据的传输, 提供网络间的数据负载平衡和网关接入或退出的接口。

2 PMCS 工作原理

2.1 相关定义与网络结构

定义 1 应用领域(Application Area, AA) 应用区域指具有一个或多个特定的同构或异构 WSN 应用区域的集合。

定义 2 基站(Cooperative Agent, CA) 协同代理可以是一个基站或一个 Sink 节点, Sink 节点是一个功能完善的单个传感器节点, 也可以实现数据的汇聚和转发。

定义 3 协同引擎(Cooperative Engine, CE) 负责一个应用领域 AA 的资源管理、信息收集、协议转换、资源调度、资

源配置等工作, 其与所辖 AA 中的所有 CA 协同工作, 并把所辖 AA 的所有信息汇集到数据中心。

定义 4 ca_event 事件 在一个 CA 发起与 CE 建立连接之后产生, PMCS 记录 CA 的相关信息, 分配相关的资源, 查找响应的配置文件。

图 1 的拓扑图显示了在一个应用领域(AA)中含有多个无线传感器网络。

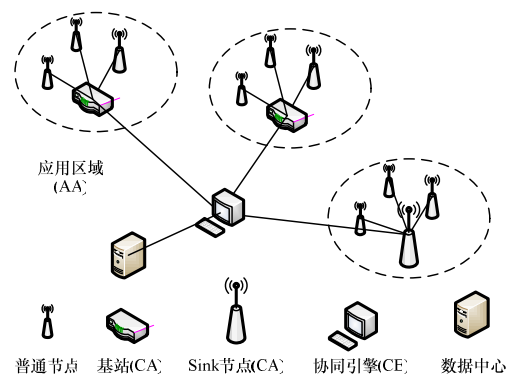


图 1 网络拓扑图

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60970012); 上海信息技术领域重点科技攻关计划基金资助项目(09511501000); 上海重点科技基金资助项目(09220502800); 上海市重点学科建设基金资助项目(S3 0501)

作者简介: 陈庆奎(1966—), 男, 教授、博士生导师, 主研方向: 无线传感网, 物联网技术; 范雄男、饶 鸿, 硕士

收稿日期: 2011-05-30 **E-mail:** fanxiongnan2008@163.com

CA 的功能是实现特定网络中数据的收集和转发，其中数据包括上行链路的传感器实时数据和下行链路控制命令。CE 的功能是首先要实现多个 CA 的连接请求，完成数据的收集和转发，这里的数据包含上行链路的来自各 CA 的传感器实时数据和下行链路的发向各个 CA 处理的控制命令，其次同时要保证网络运行的负载平衡，协同完成各个 CA 的数据接收与转发，另外要实现特定无线传感器网络的动态加入和退出，最后完成数据的存储，供 Web 端应用程序调用。

如图 2 所示显示了 PMCS 机制实现的分层视图和数据流向。

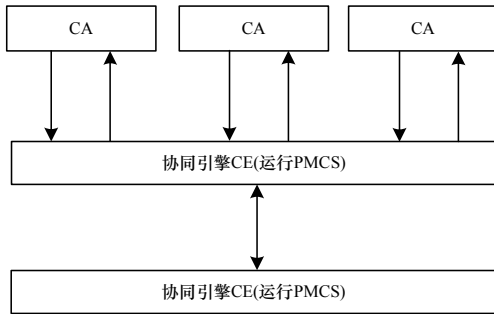


图 2 分层视图和数据流

2.2 Crossbow 实验平台介绍

Crossbow 实验平台的实现有以下 3 种：

(1) 传感器节点实现

采用的传感器有 3 类，可以插在 eko 节点的 4 个端口上。eko 节点是专门用于传感器节点的数据采集和转发平台，有 4 个端口，可以插入同类或异类的传感器节点。3 类传感器节点分别为：(1)eS1101：测量土壤的温湿度值；(2)eS1201：测量空气温湿度值和露点值；(3)eS1401：测量太阳辐射值。

每类传感器有一种 XML 格式数据包，另外还有 eko 节点状态包、Mesh 网络状态包、命令控制包等。每种 XML 格式数据包都以格式配置文件进行说明，在 CA 和 CE 之间协调数据的接收和转发。

(2) 基站实现

eko 基站是一个嵌入式传感器网关设备，它由一个无线接收装置和 eko 网关组成，无线接收装置通过 USB 端口和 eko 网关相连。eko 网关采用 Intel IXP420 XScale 处理器，频率为 266 MHz，提供一个有线以太网接口和 2 个 USB2.0 端口，8 MB 的 Flash，32 MB 的 RAM 和一个 2 GB 的 USB2.0 系统盘。

eko 网关上运行的是 Debian Linux 操作系统，由 XServe 机制提供传感器网络的管理和服务功能，由 Xcommand 机制实现命令解析和转发功能。无线接收装置负责和本网络所有节点通信的工作，可以和视距范围内约 400 m 内 eko 节点通信，可以通过增加增益天线来扩大接收范围。

(3) CE 平台实现

PMCS 运行在 CE 上，CE 采用 Ubuntu10.04 操作系统，安装 Oracle11g for Linux 数据库。PMCS 需安装 libxml2-devel 包和 libsqlora8 包才能正确运行。libxml2-devel 用于对 XML 格式数据进行解析，获取有效字段。而 libsqlora8 用于连接 Oracle 数据库，并调用相应 API 函数实现 SQL 语句操作。

2.3 PMCS 功能设计

为让 PMCS 为处理每个 CA 事件，必须提供以 ca 为后缀的 CA 配置文件和所有 XML 格式数据的格式配置文件。格

式配置文件也是 XML 文件。CA 配置文件和格式配置文件将在后面详细说明。

PMCS 运行在 CE 之上，PMCS 功能组成如图 3 所示。

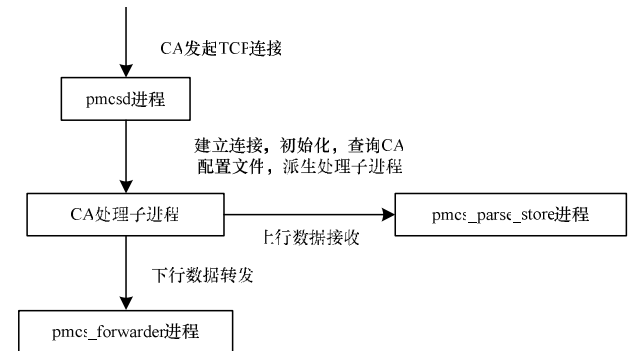


图 3 PMCS 功能组成

pmcsd 进程的功能包括：

(1)负责监听处理 CA 发起的 TCP 连接请求。pmcsd 实现 CA 请求连接响应的平台无关性，即不要求 CA 结构相同以及所在的特定 WSN 中所有节点具有相同结构，但必须提供 XML 格式规范的有效数据信息和相应的 CA 配置文件。在 CA 发起建立连接请求之后，产生一个 ca_event 事件。pmcsd 首先初始化一个 ca_event_t 数据结构，这个数据结构记录了当前 CA 的 id 号、IP 地址、CA 类型名、CA 配置文件名、子进程 id 号、连接优先级等信息，并将这个事件信息节点放入 CA 事件响应队列。然后获取 CA_CONFIG 环境变量和 CA_DATE_FORMAT_CONFIG 环境变量值。事件处理函数负责读取 CA 配置文件获取需要的格式配置文件名，为数据解析工作做准备。

(2)多 CA 连接请求的及时响应。pmcsd 以守护进程方式运行，每当一个 ca_event 发生时，pmcsd 就会派生一个子进程用来专门处理该 CA 的数据接收和转发，并将该 CA 对应的 ca_event_t 节点放入 CA 事件响应队列。pmcsd 专门处理多个 CA 连接请求的响应。

(3)实现负载平衡和紧急数据处理。pmcsd 定期监测 CPU 利用率和子进程数。当超过指定阈值，按连接优先级释放 CA 等待事件队列中一定数量的子进程来释放系统资源，保证数据的正常接收与转发以及紧急数据的优先处理。

pmcs_parse_store 进程的功能包括：

(1)接收 CA 发送的数据。首先接收 CA 说明信息，以 CA 配置文件名为准。每次接收的数据的前先接收 4 个字节数据，指示 XML 格式数据有效载荷的长度。再解析这个 4 个字节数据获得有效载荷的字节数，最后读入该数值的有效负载到接收缓冲区。

(2)对接收的 XML 格式有效数据进行解析。首先对接收缓冲区的数据进行解析，获得数据包名，得到特定传感器或状态信息。然后去寻找匹配的格式配置文件名，按照配置文件中的字段对有效载荷进行解析，获取感知数据的所有有效字段值。

(3)将解析后的数据字段存入 Oracle 数据库。首先连接数据库，然后判断该类型数据对应的表在数据库中是否已存在，如果存在则将本次数据插入数据库中，否则先创建表，随后将本次记录插入该表中。

pmcs_forwarder 进程的功能是向 CA 发送命令数据。将发送缓冲区的命令数据 XML 包发往指定的 CA 节点，由 CA 进行解析，从而完成相应的动作。

3 PMCS 实现关键

3.1 CA 配置文件和数据格式配置文件

CA 配置文件由一些键值对组成, 主要的键值有: (1)PLATFORM: 用于标识 CA 平台信息; (2)ATTRIBUTE: 用于标识平台的一些属性; (3)DATA_FORMAT: 用于标识一种 XML 数据的格式配置文件名; (4)HANDLE: 标识 ca_event 事件的处理函数名。

在建立 TCP 连接之后, ca_init 函数会完成 CA 配置文件的读取, 通过匹配具体 PLATFORM 值, 找到相应的存在的 DATA_FORMAT 值, 为接收 XML 数据包做准备。在接收到一个数据包之后就会根据解析出来的包名到相应的路径下读取格式配置文件, 按照此文件的格式说明解析 XML 数据, 将有效数据存入相关结构。

格式配置文件以 XML 格式记录每类数据包含的有效数据值, 采用 XML 格式方便了数据在跨网络形式之间的传输。

3.2 主要实现函数之间的调用关系说明

对函数之间的调用关系说明如下:

(1)ce_tcp_loop(): pmscd 循环处理 CA 连接请求, 为每个请求 fork 一个子进程, 与每个子进程之间通过命名 Unix 域套接字进行通信。

(2)ca_process(): 此函数为处理 CA 数据接收与转发的控制函数。

(3)parse_xml(): 按对应格式配置文件的规则, 从 XML 格式数据流中获取有效数据, 存入已连接的 Oracle 数据库中。

(4)write_config(): 按对应格式配置文件将转发数据组成 XML 格式, 通过 TCP 发送到已连接的指定 CA, 完成相应的动作。

主要函数的调用关系如图 4 所示。

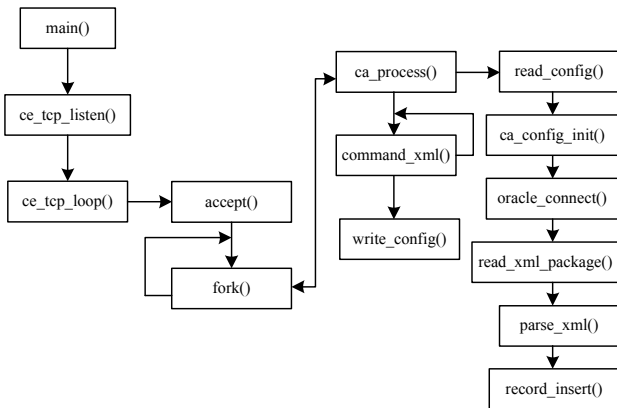


图 4 主要函数调用示意图

4 实验结果与分析

图 5 为 PMCS 以普通应用程序运行时, 显示到终端的实时运行信息。图 6 为运行在 PMCS 机制之上的网络的监控网页示意图。

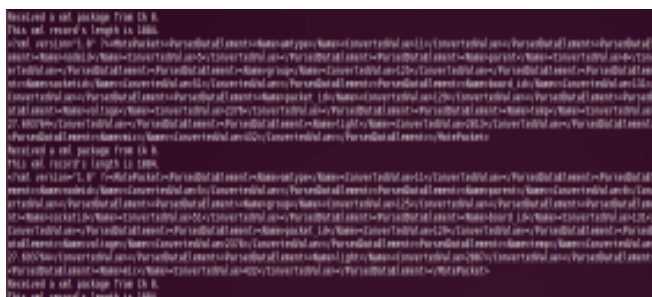


图 5 PMCS 运行图



图 6 监控网页运行图

这种机制有以下优势: (1)以一个后台守护进程运行, 循环监听处理多 CA 的连接处理请求, 通过 CA 事件响应队列和等待队列实现对连接状况实时有效管理。(2)采用多进程处理的方式高效处理数据的接收和转发。(3)同时通过配置 CA 配置文件和格式配置文件可以实现异构网络和异构数据的灵活配置。(4)实现了多 CA 请求的协同处理, 解决了复杂环境应用对无线传感器网络构成实现多样化的要求, 实现 CA 动态加入与退出。(5)通过 CA 配置文件和实现的特定功能对 CA 进行命名。

5 结束语

本文主要介绍了应用于无线传感器网络的 PMCS 机制的主要原理, 实现平台和方式, 各个模块的实现分析及优点。未来的工作将集中于完善 CA 配置文件规则和功能, 以及多 CE 分布式网络构成^[8]的实现。

参考文献

- [1] Cao Wei, Xu Ge, Yaprak E, et al. Using Wireless Sensor Networking to Manage Micro-Climature in Greenhouse[C]//Proc. of Mechtronic and Embedded Systems and Application Conference. Beijing, China: [s. n.], 2008.
- [2] Castellanni A P, Bui N, Casari P, et al. Architecture and Protocols for the Internet of Things: A Case Study[C]//Proc. of Pervasive Computing and Communications Workshops. Mannheim, Germany: [s. n.], 2010.
- [3] Matijevics I. Advantages of Wireless Sensor Networks in Greenhouse Environment[C]//Proc. of the 7th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics. Subotica, Yugoslavia: [s. n.], 2009.
- [4] Gao Qiang, Chen Ming. Research and Design of Web-based Wireless Sensor Network Management System for Greenhouse[C]//Proc. of International Conference on Computer and Electrical Engineering. Phuket, Thailand: [s. n.], 2008.
- [5] Xiong Shuming, Wang Liangmin, Qu Xiaoqian, et al. Application Research of WSN in Precise Agriculture Irrigation[C]//Proc. of Environmental Science and Information Application Technology Conference. Wuhan, China: [s. n.], 2009.
- [6] Li Xuemei, Deng Yuyan, Ding Lixing. Study on Precision Agriculture Monitoring Framework Based on WSN[C]//Proc. of Anti-counterfeiting, Security and Identification. Guiyang, China: [s. n.], 2008.
- [7] 郭文川, 程寒杰, 李瑞明, 等. 基于无线传感器网络的温室环境信息检测系统[J]. 农业机械学报, 2010, 41(7): 181-185.
- [8] Luo Jingran, Chen Yulu, Tang Kai, et al. Remote Monitoring Information System and Its Applications Based on the Internet of Things[C]//Proc. of BioMedical Information Engineering Conference. Sanya, China: [s. n.], 2009.