

Remote Control Network System for Brillouin Scattering Distributed Optic Fiber Sensor Based on Embedded Technology *

QIU Chao, SONG Mu ping *

(Department of Information and Electronic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract :Optical sensor tends to be multi-point detecting , remote controlling , and intelligent optical sensing networks. We design an embedded technology based remote control system for distributed fiber-optic sensing. The principle of FPGA control , remote control is introduced and analyzed. The technology of thread trough and multi-threaded way for the multi-point is applied for the large flow of data streams from optical sensors. This system has been experimentally demonstrated.

Key words :distributed optic fiber sensor ; network ; embedded system

EEACC :7230E

基于嵌入式的布里渊分布式光纤传感远程网络控制系统 *

裘超,宋牟平 *

(浙江大学信息与电子工程学系, 杭州 310027)

摘要 :光纤传感器正向多点检测、远程控制、网络化方向发展,本文提出一种基于嵌入式的布里渊分布式光纤传感远程网络控制系统设计方案,对传感原理、FPGA 控制、数据的远程传输和采集参数控制进行了分析,并针对分布式光纤传感节点多、数据流量大的特点,应用多线程和线程槽技术到系统构建,完成了光纤传感网络的实际检测。

关键词 :分布式光纤传感; 网络; 嵌入式系统

中图分类号 :TP212. 14

文献标识码 :A

文章编号 :1004-1699(2009)05-0684-04

随着光纤传感、嵌入式和网络技术的发展,高精度、适用于远传或组网的传感器更加受到人们的重视^[1-3]。为了改变传统光纤传感器单点检测、单一功能的缺点,需要一个分布式的数据采集网络^[4],使光纤传感器形成了一个多点检测、远程控制、构建灵活的网络化、智能化的光纤传感器网络。本文根据嵌入式系统和网络技术,提出了一个基于嵌入式系统的光纤传感器网络远程数据控制系统。该系统组成了一个多点检测、多功能、可远程控制、网络化的智能光纤传感器系统。

1 系统结构

如图 1,基于嵌入式系统的光纤传感网络远程数据控制系统主要由服务端、仓库端和客户端三部分组成。服务端连接着光纤传感器,其作用是响应

来自客户端的请求,根据客户端要求控制传感器参数,并将采集来的数据发送到网络。客户端相当于控制面板,可以选择要进行观测的服务端进行远程控制和监测。仓库端主要用于服务端的注册和其地址的存放,以供客户端调用。

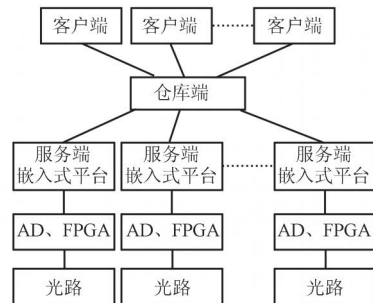


图 1 系统整体框图

系统以嵌入式子系统为核心,网络通讯采用

基金项目 :国家自然科学基金资助(60507002)

收稿日期 :2008-12-22 修改日期 :2009-03-05

TCP/ IP 协议,从嵌入式平台的角度看,FPGA 是一个有着特殊功能的设备,嵌入式平台有支持 FPGA 的设备驱动程序。嵌入式平台的软件结构如图 2 所示。

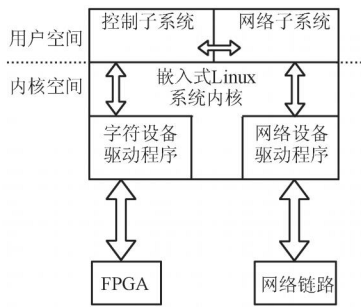


图 2 嵌入式平台的软件结构

我们采用如图 3 所示传感器网络传输流程^[4],服务端先向仓库端发送注册请求,并将自己的地址发送到仓库端。客户端向仓库端请求服务端地址,仓库端将可用的服务端地址列表发送给客户端。然后客户端就可以选择任意的数个服务端进行采集。客户端设置每个采集的参数并指定采集的服务端,随后将采集请求发送给指定的服务端。服务端在接受客户端的采集请求前,先返回一个确认消息给客户端,如果在调度采集时发生了冲突,那么服务端就会拒绝采集请求并返回请求失败的信息。服务端在接受了采集请求后,运行采集直到结束消息到来,在采集运行时,服务端将采集结果返回给源客户端,同时拒绝其它客户端的采集请求。

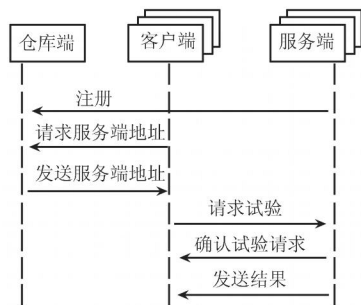


图 3 网络通信流程

2 系统的设计实现

2.1 服务端的设计

服务端连接着光纤传感器,它的作用是响应来自客户端的请求,将控制子进程获得的数据发送到网络,同时接收来自客户端的控制信息,改变自身的运行状态,或者改变光纤传感器的采集参数。

首先来看一下服务端控制的光纤传感器,它是数据源。本系统中光纤传感应用的是受激布里渊散射^[5],因为它能够在相当长的距离上探测温度和应力的变换情况。其机理是光纤中布里渊散射信号的

布里渊频移和功率与光纤所处环境温度和所承受的应变在一定条件下呈线性关系,即光纤中布里渊散射光的频移和功率是温度和应变的函数^[6]。通过检测传感光纤的布里渊散射频移和光功率,可以得到沿光纤一维分布的应力或温度。图 4 是采用的传感器系统结构^[7]。

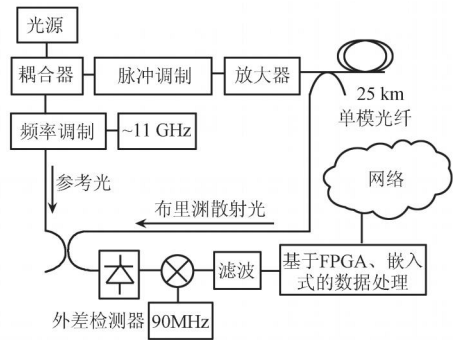


图 4 布里渊分布式光纤传感器结构

如图 5,接收的传感光信号要经过基于 FPGA 的数据处理子系统进行采样、去噪、累加、存储、传送等操作,最终把需要的有用信息通过总线接口传送给服务端嵌入式平台。FPGA 还要接收服务端发来的控制采集参数的信息,进而控制传感系统参数的改变。

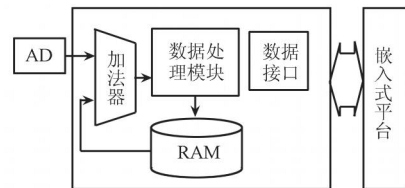


图 5 FPGA 子系统内部功能示意图

根据采集数据的特点,服务端首先要向仓库端发送连接请求,通过与仓库端的握手协议后,将自己向客户端开放的地址发送给仓库端,注册成功后,服务端绑定自己的地址,并侦听,如果服务端接到采集数据的请求,则服务端创建一个数据传输子线程,绑定一个随机端口,将端口号发送给客户端,然后建立一个数据传输子线程来和客户端建立数据连接、传输采集到的数据。在服务端,也采用多线程来处理并发的连接。客户端可通过网络设置服务端的光纤传感器的采集参数。为了避免多个客户端对 FPGA 采集参数设置导致的错误,服务端有对客户端权限认证的机制,当第一个拥有修改参数权限的客户端开始采集后,其它客户端(即使它拥有修改权限)都只能拥有查看权限。

2.2 仓库端的实现

如图 1 所示,仓库端是所有数据分发的起点,在仓库端中存储了一系列受认证的服务端列表。服务

端需要向仓库端注册,使服务端对整个系统可用。客户端可向仓库端请求服务端的列表。仓库端不包含客户端的信息,它基于 C/S 结构实现,因此它是一个最简单的子系统。

另外,为了解决仓库端需要处理同时到达的请求而不影响侦听新请求的问题,本系统使用侦听进程/线程的方法,它可以创建新的工作进程/线程来处理请求,由工作线程来响应服务请求。这样,仓库端运行时将有多线程^[8]并发运行,由于多个线程共享同一段代码和一些变量,使得程序的封闭性被打破,线程对变量的修改的一组操作将不是“原子的”,为了保证操作的“原子”性,又采用了互斥锁和条件变量来完成线程间的同步和互斥。

2.3 客户端与线程槽技术

客户端是数据采集的终点,在客户端,需要运行几个分布式的通信。在客户端需要有数个线程被用于且只用于获取实验的结果,而有一个主线程用于尝试调度采集任务。客户端可收集多个同时进行的采集的结果,且对每个服务端建立了一个连接线程用于改变服务端的运行状态以及修改参数,同时连接线程从服务端获取数据端口后建立数据线程连接服务器获取数据。

在线程创建的时候,为保证安全的参数传递,每一次创建新线程都需要在全局堆中分配空间,并将参数从全局堆向子线程复制。在客户端,光纤传感器采集的数据量较大,且对每个服务端都需要一个收集缓存用于显示数据,此外,对于每个线程都需要一些和主线程以及其创建的数据传输线程共享的专有数据,需要传递较多的参数,因此设计了自定义的线程槽来解决参数安全传递与系统效率的矛盾,这也方便了主线程对子线程进行调度操作。

线程槽是一个全局的变量,放在全局堆中。如图 6 所示,当需要创建新的线程时,主线程为新线程指定好线程槽位。之后,该线程槽就为这个线程所专用,只有主线程和其产生的数据传输子线程可以访问,其他的线程不能对该线程槽进行访问。在线程退出后,通过修改线程槽中的状态位,主线程可知该槽位已经没有线程使用了。主线程可以将它分配给其他线程。

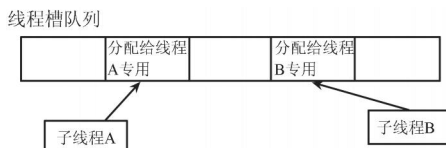


图 6 线程槽示意图

3 试验结果

基于嵌入式系统、布里渊分布式传感器、网络通信等技术,我们构建了如图 7 所示的系统实验方案,包括 3 个传感服务器,1 个仓库端服务器,和 2 个客户端。图 8 是客户端 1 对多个服务器同时监控的测试结果,其中(a)为客户端 1 显示的在网络中可监测的服务器地址列表,共有 3 个服务端信息可供查看。(b)为客户端 1 显示的接收到的服务端 1 的频率数据,测试光纤长约 24 km,图中前半段较平整的为频率曲线,有一定的噪声,24 km 之后的是随机数据。(c)为客户端 1 显示的同时查看的服务端 2 的布里渊信号,前面呈指数形下降的为反射回的布里渊信号光功率,到光纤尽头有明显的下降台阶,之后由于没有反射光,只有随机噪声信号。(d)为客户端 1 显示的是从服务端 3 读取的温度数据,由频率曲线计算后得到,光纤末端之后为随机数据。可见,客户端可以通过网络接收传感信息和控制传感器。但本系统受

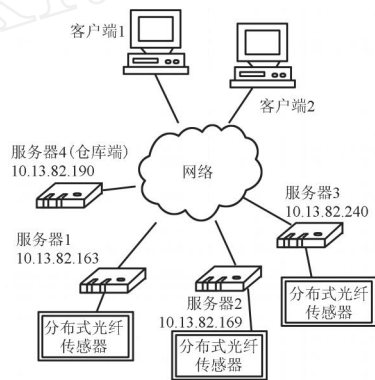
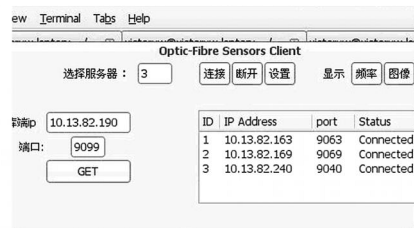
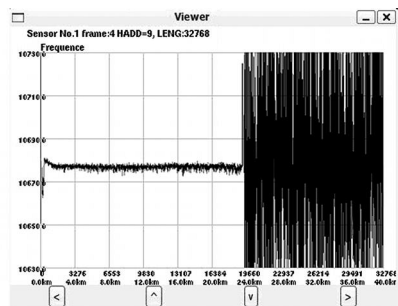


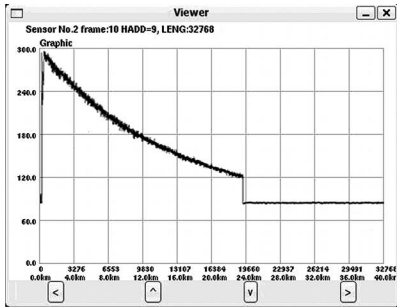
图 7 测试方案



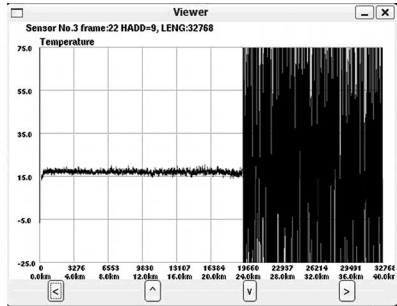
(a) 客户端 1 显示有 3 个服务端



(b) 客户端 1 显示的服务端 1 的频率曲线



(c) 客户端 1 显示的服务端 2 的布里渊信号



(d) 客户端 1 显示的服务端 3 的温度数据

图 8 多个服务端同时监控

限于前端传感器中光电检测器的性能,降低了布里渊检测信号的信噪比,使得各曲线有一定的起伏。

我们在服务端 3 进行了不同温度下系统测试,从客户端 1 得到的试验结果如图 9 所示,由图可见,温度分辨率约为 3。

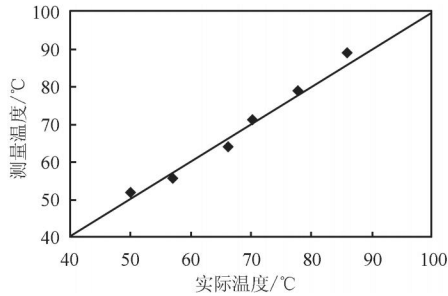


图 9 客户端 1 得到的服务端 3 在不同温度下测试结果

本系统采用 Linux 多线程来实现系统的并发,提高了系统运行的效率,并运用线程同步/互斥技术设计并实现了一个对服务器端地址列表的读写系统。客户端对每个要采集的服务端使用了一个控制线程和数据传输线程。由于采用线程槽技术,不仅保证了主线程和其子线程的安全参数传递,也方便了主线程对子线程的调度,可以同时多个传感器进行实时监控及控制。从测试结果可以看出,通过以上设计,我们构造出了一个基于嵌入式的布里渊分布式光纤传感远程网络控制系统。

4 结论

本文基于嵌入式系统和网络技术,提出了一个

基于嵌入式技术的网络数据传输控制系统,以实现分布式光纤传感器网络。针对光纤传感器传输数据量大、对安全性要求较高,需要远程实时监控和控制、多点检测等特点进行了设计,组成了一个多点检测、多功能、可远程控制、网络化的智能光纤传感器系统。该系统已在实验室成功组网试验,也可在实际中用于对多个目标的远程实时监控,获取反应结构、温度等变化的信息,对于大跨度、长距离、多目标作业都有重要意义。

参考文献:

- [1] 何鹏举,戴冠中,嵌入式 Web 网络传感器的实时数据采集方法[J]. 传感技术学报,2006,19(6):2743-2745.
- [2] 宋光明,葛运建,智能传感器网络研究与发展[J]. 传感技术学报,2003,16(2):107-112.
- [3] 刘德华,宋牟平,应用于土木工程的布里渊散射分布式监测网络[J]. 传感技术学报,2003,16(3):277-281.
- [4] Przemek J. Bock, Shikharesh Majumdar, Inrernet-based Distributed Data Acquisition System for Fiber-optic Sensors[C]// Instrumentation and Measurement Technology Conference Commo, May 2004, 18-20.
- [5] 沈一春,宋牟平,长距离光纤布里渊散射研究[J]. 光子学报,2004,33(8):931-934.
- [6] Parker T, Farhandiroushan M, Handerek V A and Rogers A J. Temperature and Strain Dependence of the Power Level and Frequency of Spontaneous Brillouin Scattering in Optical fibers [J]. Opt. Lett., June 1997, 22(11):787-789.
- [7] 宋牟平,范胜利,基于光相干外差检测的布里渊散射 DOFS 的研究[J]. 光子学报,2005,34(2):233-236.
- [8] 周丽,焦程波,兰巨龙,LINUX 系统下多线程与多进程性能分析[J]. 微计算机信息,2005,(17期):118-120.



裘 超(1984-),男,浙江大学信息与电子工程学系研究生,主要研究方向是光纤传感器网络系统, yanfei0202 @zju.edu.cn



宋牟平(1971-),男,副教授,博士,主要研究方向为光纤传感、微波光子学、新型光子器件, songmp @zju.edu.cn