

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.11.028

基于 IOCP 模型的楼宇灯控制系统服务器的设计

王 良, 徐军明*, 吴红生

(杭州电子科技大学 电子信息学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:为解决楼宇灯控制系统中有多客户端和多 GPRS 终端连接服务器,由于服务器和多客户端之间海量的信息交互与数据存取而导致服务器信息反馈缓慢和系统阻塞问题,提出了一种基于 IOCP 模型的服务器具体设计方案。采用了 I/O 完成端口模型、线程池技术,使服务器不仅能够将数据库读取的信息快速发送给客户端或者 GPRS 终端,更能够准确、高效地实现了不同客户端用户与其所管理的 GPRS 终端之间的信息传递,建立了每个客户端使用独立线程与服务器进行网络的数据通信关系,从而实现了楼宇灯的管理和监控。目前该服务器已试用于实际的智能楼宇灯产品。研究表明,所设计的基于 IOCP 模型的服务器软件能够承载大量客户端,具有较高的数据处理能力,在实际项目测试中也表现出良好的性能。

关键词:服务器;智能灯;I/O 完成端口;GPRS;线程池

中图分类号:TP273;TM923

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2013)11-1425-05

Building light monitoring system's server based on IOCP

WANG Liang, XU Jun-ming, WU Hong-sheng

(College of Electronic Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the present requirement for the efficient communication between clients and GPRS terminals, the building lights monitoring system's server based on IOCP was designed. I/O completion port model and the thread pool technology were used for the server. Information which is read from the database not only can be sent to the client quickly by server or the transmission of information between users of different clients and GPRS terminals but also can be accurately and efficiently achieved by a GPRS terminal. The results indicate that the server software can support numbers of clients and has a high data processing capability, and it has good performance in the actual project testing.

Key words: server; intelligent building light; I/O completion port (IOCP); GPRS; thread pool

0 引 言

目前,我国大部分地区所采用的传统的楼宇灯监控系统无法实现楼宇灯的远程实时监控与检测,其实时状态以及设备的故障情况都只有通过工作人员巡视才能够了解。针对这些问题,建立一种性能良好的智能楼宇灯远程监控系统已是势在必行^[1-2]。服务器是智能楼宇灯监控系统中最重要的一部分,担负着数

据处理以及与客户端、GPRS 终端通信等重要任务。因此对服务器的并发性、稳定性和通信的准确性等各方面都有较高的要求。

在 Windows 平台上构建服务器,I/O 模型是必须要考虑的,一般的 I/O 模型(像选择、异步选择、事件选择、重叠等模型)由于其内部机制的限制,在连接客户端数量较大的情况下无法获得较好的服务器性能,而 IOCP 模型却非常适合处理多个套接字。为了让服

收稿日期:2013-07-03

作者简介:王 良(1988-),男,河北沧州人,主要从事嵌入式应用程序开发、网络通信方面的研究. E-mail:604395514@qq.com

通信联系人:徐军明,男,博士,教授,硕士生导师. E-mail:xujunming@hdu.edu.cn

务器在大规模室内灯系统中发挥良好的性能,本研究提出一种基于 IOCP 模型的智能楼宇灯监控系统的服务器设计方案以及实现方式。

1 系统的整体构架

智能楼宇灯控制系统总体结构如图 1 所示,它主要由 4 个部分组成:第 1 部分为客户端软件,它可实现对楼层灯的远程管理和监控,进行命令的下达和信息的配置。第 2 部分为服务器,用于完成数据的接收、存取和发送。它作为一个数据处理中心,存储了楼宇内灯的配置信息、管理人员信息、报警信息以及策略信息等。它同时也对客户端发送的命令和底层终端通过 GPRS 发送过来的数据进行解析,然后根据不同的指令对数据库进行存取或者实现客户端与底层终端之间的信息交互。第 3 部分为终端模块,它由 GPRS 模块以及嵌入式终端模块组成,主要完成策略处理、线路开关控制、数据采集以及报警等功能。第 4 部分为 Zigbee 室内灯控制节点,可实现组网、调光,电流、电压参数检测以及开关灯控制等功能。

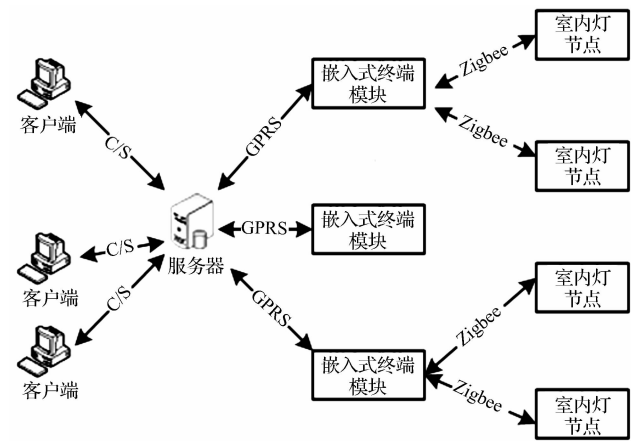


图 1 系统总体结构图

2 基于 IOCP 服务器的设计与实现

2.1 IOCP 的原理

IOCP 即 I/O 完成端口 (Completion Port),是应用程序使用线程池处理异步 I/O 请求的一种机制^[3]。它是伸缩性最好的一种 I/O 模型,也是迄今为止最复杂的一种 I/O 模型。

完成端口模型提供了一个高效复杂的内核对象,它通过一定数量的线程对重叠 I/O (Overlapped I/O) 请求进行管理。一个完成端口其实就是一个 FIFO 队列,由操作系统把已经完成的重叠 I/O 请求的通知放入这个队列中。当某项 I/O 操作一旦完成,相应的工

作者线程就会收到一则通知,从完成端口上获得数据包,再进行相应的处理。由于是“操作完成”事件通知,故取名为“完成端口”^[4]。

2.2 IOCP 的工作流程

整个 IOCP 流程大致可以分为^[5]:①通过调用 CreateIoCompletionPort (HANDLE FileHandle, HANDLE Existing Completion Port, ULONG_PTR CompletionKey, DWORD Number Of Current Threads) 函数创建一个 I/O 完成端口,这是使用完成端口之前必须要做的工作,当该函数的第 4 个参数设为 0 时,表示系统允许的线程数量和处理器数量一样多;②通过 GetSystemInfo 函数可以获取系统的相关信息同时也可以知道系统内到底安装了多少个处理器,根据得到的处理器信息创建一定数量的工作者线程;③在完成 Winsock 初始化以后可以在监听线程里使用 accept 函数等待客户端请求连接,当有新的客户端连接时,同样调用 CreateIoCompletionPort 函数将新连接的套接字句柄关联到已经创建的完成端口,虽然两次调用的函数相同,但是实现的功能以及参数的设置上有所区别,第二次需要将 Socket 作为参数与已存在的完成端口关联。在完成关联之后可以通过重叠 I/O 机制,在新建的套接字上投递一个或多个异步 WSARcv 或 WSASend 请求;④一个或多个工作者线程通过调用 GetQueuedCompletionStatus 在完成端口上等待 I/O 请求完成的通知,收到通知后,工作者线程会为 I/O 请求提供服务,同时继续处理未来的其他 I/O 请求。

2.3 IOCP 服务器的通信层设计

为了使程序的逻辑清晰,通信层采用两层结构设计^[6]如图 2 所示,分别为 CIOCPServer, CGPRSServer, CClientServer。CIOCPServer 类对 I/O 完成端口的基本通信功能进行了封装:完成端口的创建与关联,客户上下文空间的分配,客户连接列表的插入与删除等。CGPRSServer 是 CIOCPServer 的子类,它完成了 GPRS 本地监听端口的初始化,等待和接受 GPRS 的连接以及实现与 GPRS 完成数据的网络传输。CClientServer 也是 CIOCPServer 的子类,只是它用于实现与客户端的网络通信。

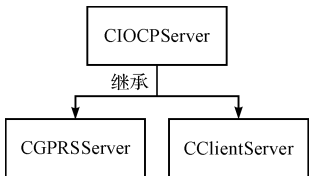


图 2 网络通信程序的两层结构

程序开始后会调用 CClientServer 对象和 CGPRSServer 对象,除了初始化本地 Socket,它们会分别创建了两个完成端口:一个用于关联客户端连接的套接字句柄,另一个用于关联 GPRS 连接的套接字句柄。CClientServer 对象和 CGPRSServer 对象都有各自的监听线程和工作线程用于处理相应的数据。在服务器中,有两个客户连接列表,分别记录着已连接的客户端和 GPRS 的

上下文信息。当客户端或者 GPRS 退出时,会将对应的信息从列表中移除。这种设计方式不仅能清楚地将服务器同客户端进行的通信与服务器同 GPRS 之间的通信相互区分开,而且能够方便地管理连接的客户端和 GPRS。

通信层单个对象的大概流程图如图 3 所示,其中包括了 Winsock 的初始化,完成端口的创建与关联以及线程池的分配与管理。

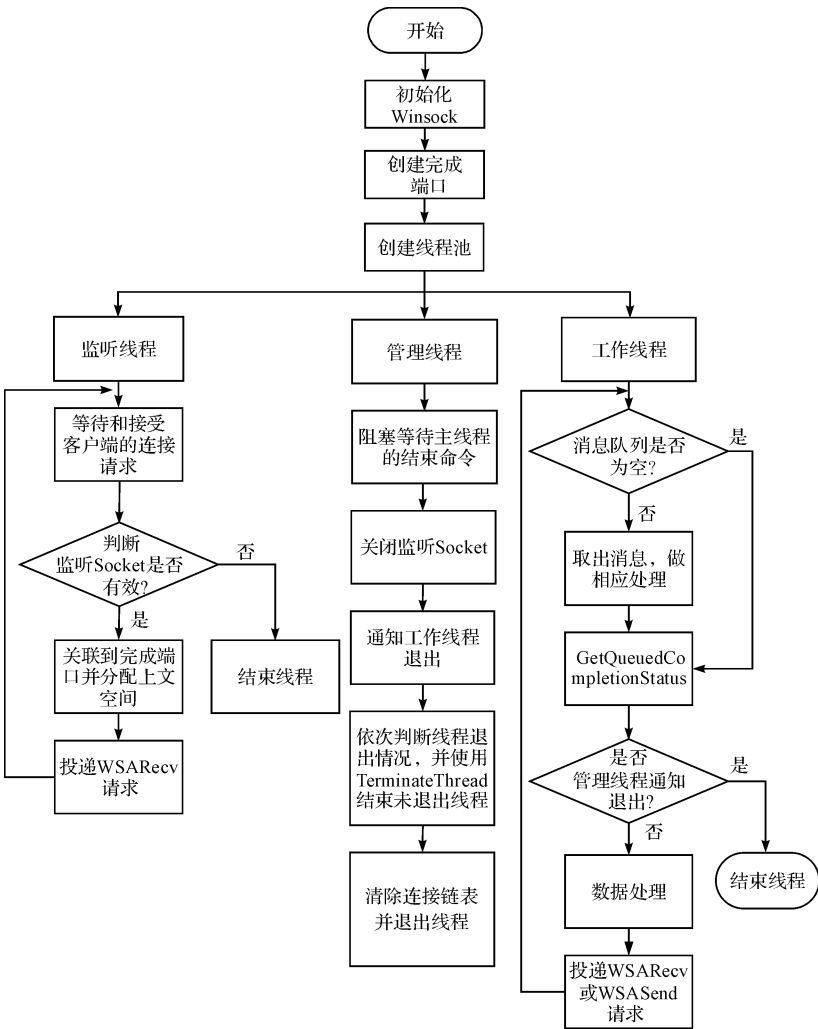


图 3 通信层单个对象的软件流程图

监听线程主要负责等待和接受客户(客户端或者 GPRS)的连接,将新连接的套接字句柄关联到已经创建的对应的完成端口,并开辟客户的上下文对象,以记录客户信息和保存套接字上处理 I/O 操作信息。工作者线程则通过调用 GetQueuedCompletionStatus 等待 I/O 请求完成,并对数据进行判断,作出相应的处理。

2.4 IOCP 服务器关键技术分析

2.4.1 重叠 I/O

IOCP 服务器要处理大量的客户端和 GPRS 的 I/O 请求,而且也要实现客户端和 GPRS 的信息交互。所以,服务器能否准确获取 I/O 操作类型以及其它的数

据信息就显得非常重要。在 IOCP 模型中有一个很重要的结构,叫做 OVERLAPPED 结构。不论是在投递 I/O 请求,还是通过工作者线程调用 GetQueuedCompletionStatus 函数取得 I/O 完成,都会有指向 OVERLAPPED 结构的指针作为它们的参数^[7]。为了添加需要的信息,研究者可以扩展 OVERLAPPED 结构,将该结构作为新结构的第一个元素使用,在后面添加 I/O 操作类型、数据的缓冲区等。扩展结构如下所示:

```
typedef struct _OverLappedEx
{
    OVERLAPPED OverLapped;
```

```
WSABUF wbuf; //I/O 操作的数据对象
char data[ BUFFER_SIZE]; //实际的数据缓冲区
IO_OPER oper; //用于标志 I/O 操作的类型
DWORD flag; //用于设定或者返回 I/O 操作的标志
| CIOCPBuffer, * LPCIOCPBuffer;
```

这样,只要在投递 I/O 请求时,对扩展结构完成相应的配置,作为参数传出,然后再取得 I/O 完成时对相应的参数进行强制类型转换,就能很方便地实现 I/O 操作数据的获取。

2.4.2 客户端以及 GPRS 信息的识别与提取

在通信的过程中,客户端以及 GPRS 信息的识别非常重要。

正确地识别当前连接的客户端以及 GPRS 信息是进行准确通信的前提。所以服务器每次收到客户端或者 GPRS 的连接请求时,都会先为其创建客户上下文对象,用来记录客户的信息,然后将信息存入客户连接列表。这样在需要的时候,便可从连接列表中找出对应的上下文对象,然后完成通信。这个上下文对象也便是完成键结构体,结构定义如下所示:

```
typedef struct _IOCPContext
{
    SOCKET sockAccept; //连接服务器端的服务套接口
    SOCKADDR_IN addrAccept;
    LPCIOCPBuffer pPerIODData; //指向连接的操作信息
    struct _ CIOCPContext * pPrec; //在客户连接列表中
    指向其前驱节点
    struct _ CIOCPContext * pNext; //指向其后继节点
    BOOL ID; //身份识别
    char Identify[10]; //记录登录的用户名或者 GPRS 的 ID
| IOCPContext, * pIOCPContext;
```

2.4.3 线程池技术

在服务器运行过程中,往往会遇到大量客户并发访问或者短时间内面临数量众多、任务短小的请求。在这种情况下,单一线程往往很难应对,而且为单一任务不断地创建和销毁线程也是很大的资源消耗。这就需要引入线程池技术,它为线程创建、销毁的开销和系统资源不足等问题提供了很好的解决方案^[8-9],能有效地提高服务的效率和性能。

在 IOCP 服务器中,有 3 类线程:监听线程、工作线程与管理线程。其中管理线程在程序开始时创建,主要负责管理线程池以及销毁线程池。监听和工作线程分别负责客户的监听和任务处理工作。其中服务器工作线程的个数与处理器的关联,可以通过函数 GetSystemInfo(&sysInfo) 获得处理器的信息, sysInfo. dwNumberOfProcessors 就是处理器的个数。服务器中

创建工作线程的个数为处理个数的两倍减二。这样服务器的性能也可以随着它运行平台的改变而改变,有效地提高了它的伸缩性。

2.4.4 线程间的通信

在多线程编程中,线程间的通信是不可避免的。一般而言,线程间的通信可以使用全局变量进行通信,也可以使用自定义的消息通信以及使用事件对象实现通信。这里,选用了第一种线程间通信的方式,用来实现处理客户端数据的工作线程与处理 GPRS 数据的工作线程之间的通信。不过与单纯地使用全局变量又是有区别的,服务器是采用两个全局队列实现线程间通信的。以客户端向底层终端发送命令为例:当服务器收到客户端发给底层终端的命令时,处理客户端数据的工作线程间会先将数据存到相应的全局队列中,然后再从处理 GPRS 数据的工作线程中读出^[10-11],根据上下文对象的信息识别找到相应的 SOCKET,然后将命令发给相应的终端。这种全局队列的通信方式很好地解决了大批量数据需要进行通行的问题,避免了数据没有及时读取而引起的数据丢失问题。

3 测试与分析

Windows XP 环境下运行服务器,硬件平台为双 CPU,2.8 GHz,2 G 内存。为了测试 IOCP 服务器的性能,从最大支持的 SOCKET 连接个数、客户端饥饿数以及数据的准确性等 3 个方面进行了测试。说明:在测试的时候使用普通的网络调试软件替代 GPRS。

经过测试表明它的连接个数可以达到 2 000 个以上,而且能保证基本的正常通信。而且利用 50 个客户端同时向 IOCP 服务器进行连续数据收发。测试表明,当同一客户端连续发送数据的时间间隔在 100 ms 以上时都可以实现数据的准确收发。在饥饿测试的时候,对 IOCP 服务器与普通的多线程服务器同时进行测试。测试结果如表 1 所示。随着连接客户端数量的增加,连接普通的多线程模型服务器的部分客户端会无法得到相应;而 IOCP 因为其本身的机制优势使得服务器能够非常好地处理大量客户端的连接请求。

表 1 客户端饥饿测试结果比较

模拟客户端数 (包括 GPRS)	普通多线程 模型服务器	IOCP 模型 服务器
50	0	0
100	14	0
200	31	0
300	42	0
400	58	0
500	71	0

4 结束语

IOCP 技术使得服务器充分发挥了多 CPU 的优势,使得整个智能楼宇灯监控系统的通信性能得到很大的提高。服务器设计采用模块设计化的思想,使服务器的客户端通信模块与 GPRS 通信模块分开,很好地提高了系统的可靠性和维护性。该服务器作为公司的智能楼宇灯产品的一部分,试用结果表明,该服务器具有良好的并发性和稳定性,能够准确、可靠地实现客户端与较大规模数量的 GPRS 的通信。

参考文献 (References):

- [1] 赵 彬. 智能路灯系统防盗的设计[D]. 厦门:厦门大学管理学院,2009.
- [2] 刘瞰东,黄 祚,孙洪飞. 完成端口技术在路灯监控软件中的应用[J]. 照明工程学报,2010,21(2):66-70.
- [3] 王艳平,张 越. Windows 网络与通信程序设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- [4] 宗晓萍,张 岩. 基于 IOCP 机制的远程监控服务器设计

与实现[J]. 现代计算机,2010(7):134-137.

- [5] 孙海明. 精通 Windows Sockets 网络开发:基于 Visual C++ 实现[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [6] 廖宏建,杨玉宝,唐连章. 完成端口实现高性能服务端通信层的关键问题[J]. 计算机应用,2012,32(3):812-815.
- [7] DIAL T R. Multithreaded asynchronous I/O & I/O completion ports [EB/OL]. [2007-08-03]. <http://www.drdobbs.com/cpp/multithreaded-asynchronous-io-io-comple/20120291>.
- [8] SWARAJYA PENDHARKAR. A simple application using I/O completion ports and winsock [EB/OL]. [2007-03-30]. <http://www.codeproject.com/Articles/13382/A-simple-application-using-I-O-Completion-Ports-an>.
- [9] 王 华,马 亮,顾 明. 线程池技术研究与实现[J]. 计算机应用研究,2005,22(11):141-145.
- [10] 吴永明,何 迪. 基于完成端口的服务器底层通信模块设计[J]. 信息技术,2007,31(3):115-118.
- [11] 杜翔雷,跃 明. 基于 IOCP 的服务器端应用程序[J]. 计算机系统应用,2009,18(2):151-154.

[编辑:李 辉]

(上接第 1409 页)

目前在欧美的每辆汽车上都至少有一个 CAN 节点,我国在 CAN 总线领域起步较晚,但市场潜力很大。现今车身网络大多只应用于中高档车,自主品牌车辆大多价格低廉,大多数这类汽车还采用传统的点对点控制方式,尚未采用 CAN 总线产品,而进一步的发展趋势是把车身网络推广向中档、经济型轿车甚至农用运输车。随着民族品牌的发展,汽车工业的发展和科技水平的提高,产品的不断进步,对 CAN 总线应用的需求也越发迫切。基于 CAN 总线接口的低功耗、低成本汽车组合开关具有一定的应用价值。

参考文献 (References):

- [1] 南金瑞,刘波澜. 汽车单片机及车载总线技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2005.
- [2] 王 鑫. 组合开关中灯控开关的失效原因及解决方案[J]. 汽车电器,2009(9):29-31.
- [3] 马春红,王旭东,吕宝良,等. 基于 CAN/LIN 总线的车灯控制系统的设计[J]. 哈尔滨理工大学学报,2006,11(1):116-119.

- [4] 东风汽车有限公司. 一种基于 LIN 总线的新型汽车组合开关:中国,200620099701[P]. 2006-10-31.
- [5] 巍 巍,李泽滔. CAN 总线汽车组合开关体系的研究与开发[J]. 中国西部科技,2009,23(8):36-37.
- [6] 张 志. CAN/LIN 混合车身网络在东风载货车上的开发及应用[D]. 北京:清华大学汽车工程学院,2006.
- [7] 宋 立. 基于 CAN 总线的车身网络监测系统的设计[D]. 上海:上海交通大学电子信息与电气工程学院,2008.
- [8] 付 晓. CANBUS 总线在组合开关及其监控系统中的应用[J]. 电气开关,2012,50(5):67-68.
- [9] 凡海峰. 基于 CAN 总线的汽车车身控制系统研究[D]. 南京:南京航空航天大学机电学院,2009.
- [10] 蒋淑霞,韩志刚,周永军. 基于 CAN/LIN 总线车身网络优化设计与 CAN 通信实现[J]. 仪表技术与传感器,2011(6):48-51.
- [11] 刘红丽. 基于 RS485 总线的组合开关保护测控系统[J]. 电气开关,2010,48(4):75-77.
- [12] 崔储斌,周孟然. 基于 ARM 的智能组合开关的研究[J]. 科技咨询,2008(18):1-3.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

王 良,徐军明,吴红生. 基于 IOCP 模型的楼宇灯控制系统服务器的设计[J]. 机电工程,2013,30(11):1425-1429.

WANG Liang, XU Jun-ming, WU Hong-sheng. Building light monitoring system's server based on IOCP[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013,30(11):1425-1429.

《机电工程》杂志:<http://www.meem.com.cn>