

电梯远程监控系统中高并发通信服务器的设计

王溪波¹ 葛宏帅¹ 王瑞金² 林海²

(沈阳工业大学信息科学与工程学院 沈阳 110870)¹ (空军航空大学飞行训练基地二团 哈尔滨 150100)²

摘要 针对远程通信服务器需要并行处理多级别数据报文的特点,结合 Java NIO、数据批处理、数据库连接池、锁机制等技术,提出一种高并发 UDP 通信服务器模型。详细设计了数据报接收、处理、发送以及数据采集、入库等一系列过程,并在其中引入一种优先级动态切换的多队列线程池机制。根据负载情况的不同,该多队列线程池的性能比传统线程池的性能提高了 15.1%~21.58%。在沈阳蓝光集团实际应用中的效果表明,该服务器模型运行稳定,能满足大规模多优先级任务的底层通信,具有很好的通用性。

关键词 物联网,电梯监控系统,高并发通信,动态优先级,多队列线程池,实时数据处理

中图分类号 TP391 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2017.04.034

Design of High Concurrent Communication Server of Elevator Remote Monitoring System

WANG Xi-bo¹ GE Hong-shuai¹ WANG Rui-quan² LIN Hai²

(School of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)¹

(The Second Regiment of Flight Training Base, Air Force Aviation University, Harbin 150100, China)²

Abstract Since the remote communication server needs to parallelly handle a large number of datagrams with different levels, by using Java NIO, batch data processing, database connection pool and java synchronization, a high concurrency UDP communication server model was proposed. The receiving and sending of datagrams, data acquisition and storage were completed in detail, and a multi-queue thread pool was designed with dynamic priority. The simulation results show that the performance of multi-queue thread pool increases by 15% to 21.58% than the traditional thread pool. The practical application effect of the system in Shenyang bluelight group shows that the server model is stable to work for large-scale underlying communication of multi-priority task and has very good generality.

Keywords Internet of things, Elevator remote monitoring, High concurrency communication, Dynamic priority, Multi-queue thread pool, Real-time data processing

1 引言

物联网作为一门新技术和一项新兴产业,广泛应用于各大工业领域。将物联网技术引入电梯行业,研究基于物联网电梯运行参数远程监控系统,对于电梯的故障检测及其维护、确保电梯的安全使用及将事故损失降到最小具有重要意义^[1]。

在物联网平台的设备感应层,终端电梯数量不断增加,如何在节约系统开销、保持高效的吞吐率的前提下^[2]让每个终端中不同优先级的任务都能得到及时、高效的数据处理是一个亟待解决的问题。现有的高并发服务器模型的研究文献^[3-4]中是通过相同优先级的线程池来解决数据报的处理任务的,当大量任务到达时,线程池并不能保证快速调用可用的工作者线程对紧急事务进行及时处理;且 GPRS 网络带宽较窄、延迟较大,不适于采用 TCP 协议进行通信。因此本文设计出一个多优先级任务高并发远程 UDP 通信服务器模型,以

保证大数据量任务的分级高效处理^[5]。

本监控系统具有如下特点:远程 UDP 通信服务器运行稳定后,终端每时每刻都在处理实时数据报文,所以处理任务数量相对固定,而故障报文、主板参数报文等任务具有突发性且需要紧急处理,因此需要高优先级线程为及时处理做准备。多队列线程池机制^[6-7]是处理大量不同优先级并行任务的有效办法,虽然满足任务能够按照不同级别执行,但不能保证底层的多队列内的线程每时每刻都能够被利用^[8-9]。

针对多队列线程池的不足以及本系统的特点,在该 UDP 通信服务器模型中引入了一种优先级动态切换的多队列线程池机制。同时该模式还采用 JavaNIO 非阻塞通讯技术,使得一个线程处理多个网络连接成为可能;通过数据批处理、数据库连接池机制,减少了数据连接数量并实现了连接的重用;使用线程锁机制保证了数据操作的一致性。本模型融合了多种技术,保证了数据并行、高效、安全的处理,为同类多优先级高访问量的数据报处理通信业务提供了实际借鉴意义。

到稿日期:2015-11-30 返修日期:2016-03-07 本文受辽宁“百千万人才工程”项目(2012921041)资助。

王溪波(1964—),男,博士,教授,主要研究方向为实时及嵌入式系统、物联网、计算机检测与控制、管理信息系统设计;葛宏帅(1991—),男,硕士生,主要研究方向为智能信息处理、多线程并行调度、物联网;王瑞金(1970—),男,主要研究方向为智能控制、飞行教学;林海(1989—),男,主要研究方向为信息传输处理、飞行教学。

2 电梯远程监控系统的设计

从技术框架上来看,物联网一般被划分为设备感应层、网络传输层和业务应用层 3 个层次。基于物联网的电梯运行参数远程监控系统的整体结构如图 1 所示。

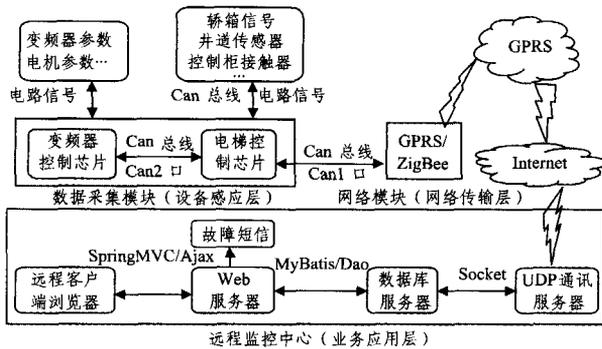


图 1 基于物联网的电梯远程监控系统的整体结构

设备感应层由数据采集模块实现,电梯控制柜内的 ARM 嵌入式处理器通过安装在电梯轿厢内、轿厢顶、井道内的传感器、光电开关等设备来对电梯的运行数据进行实时采集,经处理、判断和识别获得电梯的故障信息。网络传输层由网络模块来实现,它把设备感应层采集到的数据通过可靠的通信方式传递到远程监控中心,实现物联网的数据信息与控制信息的双向传递,是感应层和业务应用层之间的连接纽带。业务应用层对应远程监控中心,对采集到的电梯运行数据信息进行接收、分类处理并存入数据库,通过对故障信息的检测,及时报警并进行处理;同时,通过电梯远程监控平台实现了人与电梯的信息交互与智能化管理^[10]。

3 远程 UDP 通信服务器模型

由于 GPRS 网络带宽较窄、延迟较大,因此采用 UDP 协议无连接方式传输,以达到高效率、小流量及节省网络带宽资源的目的^[11]。通过在 UDP 的应用层协议中实现类似 TCP 的确认重传机制,提高通信效率及可靠性,在长连接过程中采用心跳包维持、监测链路。本通信服务器模型的软件架构如图 2 所示。服务器程序主线程启动时,使用单线程开启各个模块,其中可根据实际情况分配多个线程开启多个执行更改数据库操作模块。

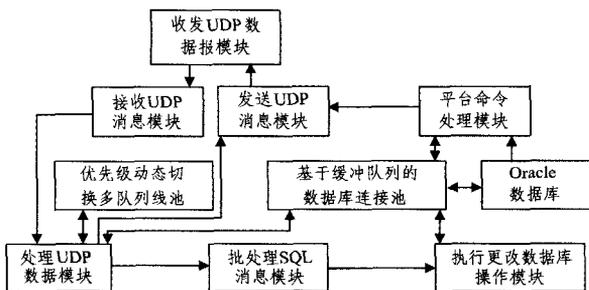


图 2 远程 UDP 通信服务器模型的软件架构

收发 UDP 数据报模块负责接收电梯终端通过网络模块发送的 UDP 数据报文,并将其放入接收 UDP 消息模块中;处理 UDP 数据报模块从接收 UDP 消息队列中获取一个 UDP 数据报,从线程池中取出一个线程来处理任务,并从数据库连接池中取出一个连接来执行与处理任务上下文有关的数据库

操作,因为处理任务的过程是同步的,所以对于大量耗时的数据库操作,单独将其放在批处理 SQL 消息模块中,当任务执行完毕后,定义应答数据报,并将其插入发送 UDP 消息队列中;执行更改数据库操作模块从批处理 SQL 消息队列中获取批处理任务,从数据库连接池中获取一个连接,并执行批处理操作。

远程监控平台可以向电梯终端发送获取运行参数、远程控制等数据报请求,并将请求写入数据库中,平台命令处理模块负责轮询数据库,查看是否有终端请求的记录,若有则获取数据并定义发送 UDP 数据报,并将数据报放入发送 UDP 消息模块;收发 UDP 数据报模块从发送 UDP 消息队列中获取数据报并发送到指定 IP、端口的电梯终端。

接收 UDP 消息模块、发送 UDP 消息模块、批处理 SQL 消息模块在整个服务器软件架构中起到缓存数据的作用,且每个模块只开启一个,所以在其他模块的使用过程中应以单例模式实例化各模块对象。同时将各个模块中公共变量的访问、插入消息、获取消息设为同步,以保证数据操作的完整性。

3.1 收发 UDP 数据报模块

该 UDP 通信模块需要频繁地处理多个终端收发数据报的 I/O 操作,为避免整个通信模块为等待某一 I/O 操作而发生阻塞,在本线程中采用 JavaNIO 非阻塞通讯技术,使得一个线程处理多个网络连接成为可能,不要求所有 I/O 操作都完成即可返回,减少了管理 I/O 连接导致的系统开销,且单线程节约了内存资源。

NIO 包括 3 大部分:Channel 类似原来的 I/O 流,但它是双向的;Buffer 用来缓冲数据,数据从 Channel 读取到缓冲区中,或者从缓冲区写入到 Channel 中;Selector 轮询每个注册的 Channel,一旦发现 Channel 有注册的事件发生,便获取事件,然后进行处理。

收发 UDP 数据报模块中将 Selector 设为监听读事件(接收数据报)。Selector 若监听到网络传输过来的数据报想要进入通道,则获取 SelectionKey 集合,从 SelectionKey 中找到发生的读事件和该事件对应的具体 Channel。通过遍历 SelectionKey 集合,获取每个发生读事件的 Channel,读取数据报内容并复制到指定的输入缓冲区中。当通道中的数据被读完后,后续的数据还会继续通过网络传输过来,程序不会因为整体 I/O 操作未完成而去等待进而导致线程阻塞,而是立即返回,直到有新的数据再次传到通道中,继续执行读数据报操作,实现了“有任务则执行、无任务不等待”的非阻塞模式。之后便可从输入缓冲区获取数据报内容,创建 UDP 数据报,并将其添加到接收 UDP 数据报消息模块。

3.2 基于缓冲队列的数据库连接池

因为接收到的数据报文以字节数组形式存储,所以处理 UDP 数据报模块需要对每个数据报任务截取字节以获取具体数据,并根据数据报消息头的类型进行分类处理。因为获得的数据需要写入数据库,且处理任务的过程为同步操作,为了避免重复创建、销毁数据库连接而造成的性能下降和系统资源的浪费,引入数据库连接池机制;同时对于前续操作的结果不依赖后继操作的大批量相同业务逻辑的 DB 操作,使用批处理方式,以减轻对 DB 的压力。

基于缓冲队列的数据库连接池的设计方案如下:任务需要执行数据库操作时,查看缓冲队列是否存在可用连接,若存

在则获取连接,否则创建连接;将连接加入正在使用标识的数组中;执行数据库操作;执行结束后释放连接,提交任务,并从正在使用的标识数组中删除该连接;然后判断目前池内连接的数量(缓冲队列的大小与正在使用标识的数组大小的和)是否小于连接上限,若小于则将该连接放回缓冲队列,否则关闭连接。

4 优先级动态切换的多队列线程池

处理UDP数据模块从接收UDP消息队列中循环获取数据报,等待具体线程解析处理UDP数据报。其具有如下特点:1)接收的数据报过多,不能为每个请求都创建线程进行处理;2)处理数据报任务具有优先级别:故障报文>终端事件报文>主板参数报文>注册、实时数据报文...;3)远程UDP通信服务器对突发任务具有优先处理的特点。鉴于以上原因,在本模块中引入了优先级动态切换的多队列线程池机制,既保证了在大数据量任务处理情况下故障报文能够在第一时间得到处理,并进行短信提醒,又保证了线程池内的线程大多处于忙碌状态,并解决了线程生命周期系统开销问题和资源不足问题。工作示意如图3所示。

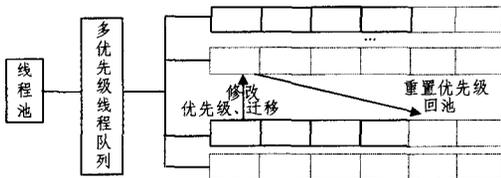


图3 优先级动态切换的多队列线程池工作示意图

在任务到达时,如果指定优先级的线程队列中没有可用线程但仍可创建线程,则遍历其他队列,获取可用线程,并将它修改为指定的任务优先级,执行完任务后,将其重置优先级并放回原队列,以备原队列中的新任务能够得到及时处理。

4.1 工作流程

当任务到达时,线程池按照任务处理级别进入相应优先级线程队列,执行流程如图4所示。

(1)判断该队列大小是否小于0。若不小于0,则说明存在可用线程,跳转至步骤(5);若小于0,则说明目前队列中没有可用线程(线程被调用或一直未创建)。

(2)判断该队列已创线程数是否小于该队列容量。若大于,则说明该队列线程已满且全部被调用,数据处理模块将等待可用线程;若小于,则说明该队列还可创建线程,但为了避免池内其他队列的线程处于空闲等待状态,遍历其他队列是否有可用线程。

(3)如果其他队列内有可用线程,则获取该线程并将线程优先级设置为本任务级别,跳转至步骤(5);若无可用线程,则为该任务创建线程,设定起始优先级,该优先级线程所在队列大小加1,并为工作者线程记录起始优先级(以便回池时使用),最后启动线程。

(4)处理相应的UDP数据报任务,处理结束后将该线程放回线程池的原优先级队列内,唤醒所有等待的线程,并将本线程设为挂起状态。若有新任务到达并唤醒了该线程,则继续执行任务,否则一直处于挂起状态。若停止线程池工作,循环状态位置为false,则结束工作。

(5)获取并唤醒该线程,指定处理任务,跳转至步骤(4)。

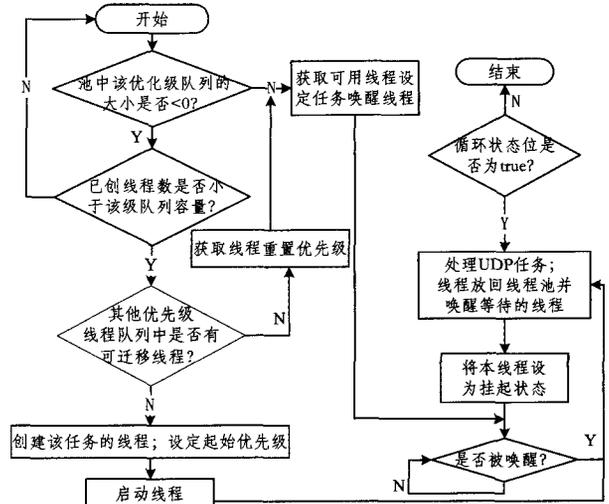


图4 线程调度流程

通过Vector数组实现线程池,数组的每个下标代表各个优先级的队列。其中故障报文的优先级最高,设为Thread.MAX_PRIORITY,且该队列容量设为200;注册、实时数据报文的优先级最低,设为Thread.MIN_PRIORITY,并发任务的数量设为1500;其余终端事件报文、主板参数报文的优先级介于两者之间,并发任务的数量均设为200。

5 实验测试及结果分析

为了验证该高并发UDP通信模型的性能,设计如下测试方案并记录测试结果。测试机器的配置为酷睿2.5GHz、双核四线程CPU、4GB内存。远程UDP通信服务器主程序运行在JavaJDK1.7,MyEclipse8.6开发环境中,用于接收处理各类优先级的数据报任务。

(1)在主程序中模拟大量终端,每隔2s发送100个实时数据包,持续1min。未使用JavaNIO、线程池、数据库连接池技术的模型与使用了3种技术组合的UDP通信模型的性能对比分析如表1所列。

表1 使用3种技术组合前后的性能对比分析

项目名称	未使用3种技术	3种技术组合
接收数据包数量(成功率/%)	475(15.83)	3000(98)
CPU使用率/%	77	85
内存峰值/kB	37432	36947
处理任务消耗时间/s	346	97

比较上述实验数据可知,3种技术的组合能大幅度且有效地提升系统的工作效率。JavaNIO消除了收发UDP数据报模块等待连接数据的时间,收包能力得到了明显的提升。采用线程池和数据库连接池提高了系统的并发能力,处理任务的耗时得到了有效的改善,但内存值占用较大。这是由于创建线程、数据库连接需要耗费较大的内存,线程的调度需要由CPU控制,因此耗费了一定的CPU和内存值,但带来了一定程度的性能提升。

(2)为了验证优先级动态切换的多队列线程池的性能,在主程序中模拟大量终端发送各类级别的数据包,在1000~5000的范围内改变任务的数目,统计任务处理耗时,以秒为单位来衡量性能。根据测试结果可知,根据负载情况的不同,带优先级动态切换的多队列线程池的性能比传统的线程池提

高了15.1%~21.58%，如图5所示。传统线程池技术产生了大量的竞争，这些竞争可通过创建多队列、优先级动态切换等手段来消除。

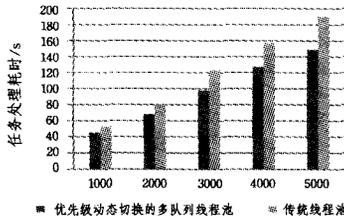


图5 优先级动态切换的多队列线程池与传统线程池的性能比较

由此可以推测，本模型应用在电梯远程监控系统的真实服务器环境中时，当系统运行稳定后，处理实时数据报文的低优先级队列能够达到队列容量，不调度其他优先级的线程，且一直处理等待的实时数据报任务；当故障报文、终端事件报文、主板参数报文不定期到达服务器时，这类事件共用线程，即线程始终在这些事件队列内切换，保证了线程池内的线程大多处于忙碌状态，提高了系统性能。

(3)为了验证本线程池对多级别任务的处理能力，在主程序中模拟实时数据报文数目达到该优先级队列容量，每隔20s发送故障报文任务，在任务到达和执行结束时分别记录当前的系统时间，以便获取任务处理的耗时。实验结果如图6所示。

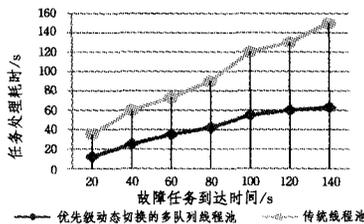


图6 传统线程池和优先级动态切换的多队列线程池的性能比较

通过查看日志及统计测试结果发现，优先级动态切换的多队列线程池处理紧急事件的效率与传统线程池相比有明显提高。在沈阳蓝光集团实际应用的效果表明，该模型处理多级别任务的效率和稳定性基本能满足大规模的底层通信，适用于物联网应用。基于远程监控平台的电梯运行页面效果如图7所示。



图7 电梯运行页面效果图

结束语 本文提出了一种能够通过参数远程监控来进行电梯管理的运行系统，其取代了传统的电梯监控运营方式。在电梯系统的设计过程中，将 Zigbee 和 GPRS 新技术有机地

结合起来，融入 IoT 的新理念和想法，设计了一种优先级动态切换的多队列线程池，通过高度并发 UDP 通信协议模型来并行处理事件，确保了系统能够得到及时响应。这种设计使得系统具有更高的并发性和便利性，降低了电梯出错的概率，确保了电梯的安全运行，并且符合现代系统的需求。后续将进一步分析任务处理时间、线程池容量和最大数据库连接数等因素对模型效果的影响。

参考文献

- [1] ATZORI L, IIERA A, Giacomo M. The internet of things, a survey[J]. Computer Networks, 2010, 54(15): 2787-2805.
- [2] MEIER R. System, method and device for high bit rate data communication twisted pair cables[J]. US Patent, 2012, 3(5): 24-28.
- [3] YANG Y F, CHEN Y, WU Z H. Design of underlying communication model for application in internet of things[J]. Application Research of Computers, 2012, 29(3): 1057-1059, 1075. (in Chinese)
杨丰玉, 陈英, 吴振华. 一种面向物联网应用的底层网络通信模块设计[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(3): 1057-1059, 1075.
- [4] ZHANG Y B. Thread pool in the concurrent server [J]. Computer and Digital Engineering, 2012, 40(7): 153-156. (in Chinese)
张浪波. 线程池技术在并发服务器中的应用[J]. 计算机与数字工程, 2012, 40(7): 153-156.
- [5] GU Y H, GROSSMAN R L. UDT: UDP-based data transfer for high speed wide area networks[J]. Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, 2007, 51(7): 1777-1799.
- [6] HENDLER D, LEV Y, MOIR M, SHAVIT N. A dynamic-sized nonblocking work stealing deque [J]. Distributed Computing, 2005, 18(3): 189-207.
- [7] SHIN C, LEE S W, GAUDIOT J L. Adaptive dynamic thread scheduling for simultaneous multithreaded architectures with a detector thread[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2006, 66(10): 1304-1321.
- [8] DENG F. On mass data asynchronous network communication reference model with multi-user and multi-tasking concurrency [J]. Computer Applications and Software, 2013, 30(6): 127-131. (in Chinese)
邓绯. 多用户多任务并发的海量数据异步网络通信参考模型研究[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(6): 127-131.
- [9] CUI S Z, CHEN Z B. Real-time and concurrent algorithm for short message based on multi-agent and multi-priority queue [J]. Computer Engineering, 2011, 37(3): 278-280, 283. (in Chinese)
崔慎智, 陈志泊. 基于多代理和多优先队列的短信实时并发算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(3): 278-280, 283.
- [10] ZHANG Q J, WANG F. Study on the key techniques of remote monitoring system for large-scale equipments[J]. Key Engineering Materials, 2009, 392-394: 195-199.
- [11] ELEVIEW H S C. Remote intelligent elevator monitoring system[J]. International Journal of Computers and Applications, 2004, 26(2): 111-118.