

[监控系统]

自适应多协议采集和转发的监控系统

文/李静

阳光电源（南京）有限公司

提出支持自动挂载采集设备的监控系统架构，采用哈希表构建包含全部测点的数据结构，支持依据不同协议特点自适应地对数据进行标准化处理。通过使用共享内存，支持多个进程之间的数据快速交换，可快速处理大量的数据转发请求，实现数据格式的标准化转换与低延迟转发。

随着工业物联网的快速发展，单个嵌入式监控系统会挂载几个甚至几十个设备。由于不同的设备厂家会选择多样的通信协议，而不同协议的数据格式往往存在差异，使得监控系统在进行数据采集和转发时需处理大量的异构数据，引发数据集成困难、开发工作量大和系统扩展性差等诸多问题。文献[1-3]针对监控总线标准多、协议多的问题，提出通过网关配置实现异构协议通信。文献[4]为解决异构协议转换过程中面临的互操作性低、兼容性差的问题，采用hashtable算法实现关键字段快速查表映射。文献[5]构建了基于嵌入式控制器的协议转换网关，实现多协议转换。文献[6]针对异构数据解析困难的问题，通过hashtable构建异构数据与转换服务，实现数据标准化处理。文献[7]通过网络框架Netty实现三种物联通信协议的接入，并使用消息中间件Kafka实现数据采集与转发功能解耦。

分析当前方法，主要是采用网关或hashtable算法实现异构协议通信，通过将采集到的数据存到消息中间件，转发模块从消息中间件获取对应的数据，实现采集和转发模块功能解耦。由于消息中间件是将采集到的各类型数据抽象为统一的字节流，忽略数据本身的结构特点，会增加系统处理的复杂度，进而影响单位时间的吞吐量，整体方法对网络

传输速率和硬件处理任务能力要求较高。在高吞吐量的场景下，网络延迟可能影响整体性能。

本文旨在解决在涉及多协议采集和转发的大量数据情况下，传统系统采用网关和消息中间件时各协议间转换存在依赖关系复杂的问题。为此，本文提出基于hashtable算法和共享内存实时数据库的多协议自适应监控系统方案，可以在不重启设备，不改动代码的情况下，快速实现不同协议之间的数据采集和转发。所提方案不受硬件和操作系统限制，具有灵活的扩展性接口，可实现不同协议采集和转发的即插即用，系统扩展能力强，能够方便、快速集成新的协议处理模块。

系统结构

系统根据定义好的标准化数据格式和通信协议接口，自适应识别接口参数和协议设置，将采集到的数据进行数据完整性校验后，匹配映射到共享内存对应的位置，通过数据转发模块实现数据转发。

监控系统结构如图1所示。系统基于RS 485串口、4G/Wi-Fi等无线网络和以太网实现与外部测点通信。首先，通过数据采集模块的协议映射机制，完成通信协议自动初始化和加载；然后，依靠协议

转换模块,将测点信息更新到存储在共享实时数据库的hashtable;最后,经过数据转发模块,完成数据格式化发送。

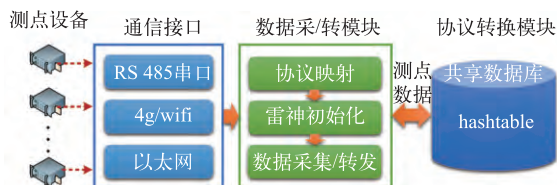


图1 监控系统结构及数据交互过程

系统模块设计

1. 数据采集与转发模块

当底层驱动检测到采集和转发设备发生增、删、改时,在协议映射机制作用下,增改设备对应协议类型和采集测点信息会根据配置文件中参数自动进行匹配,实现对应协议的初始化和功能加载。通过Web界面,可对配置文件中不同协议自适应接口参数进行修改。自适应协议选择流程如图2所示。



图2 协议自适应选择流程

2. 协议转换模块

协议转换模块支持对配置协议中的所有测点数据加载去重,基于hashtable算法,利用每个测点的唯一的寄存器地址或测点地址作为唯一的key,构建包含全部测点的数据结构。采用内存映射文件(mmap)创建共享内存实时数据库,来存储hashtable,减少数据复制的次数,且掉电数据可保存,实现对采集的各种异构数据进行统一处理。

运行时,Web界面参数修改或底层驱动自动检测到采集设备的增、删、改动作,数据采集模块会自动挂载采集设备和转发设备,当底层驱动监测到新增采集设备时,对新增设备挂载的测点创建唯一的key;当删除采集设备时,自动将设备下挂载测点的key删除。根据每个测点唯一的key,实时对测点数据去重,并更新测点数据。协议转换模块功能流程如图3所示。

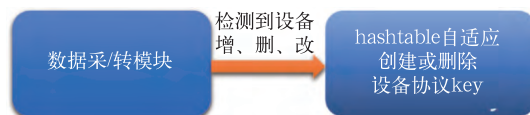


图3 共享内存实现及数据的更新

3. 数据采集与转发

多个设备可从共享内存中高并发地存储或读取数据,根据hashtable唯一的key,自适应采集/转发测点,并支撑数据完整性校验。多协议数据采集和转发流程如图4所示。

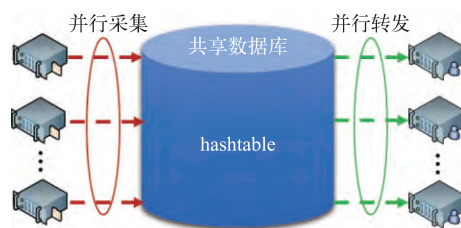


图4 多协议采集/转发流程

实验结果与分析

1. 实验方法

采用安装CentOS系统的12核心32 G内存的工控机,模拟包含200个采集通道和50个转发通道的监控系统数据采集与转发过程,其中每条采集通道有3 000个遥信测点和5 000个遥测测点,每条转发通道含2 000个遥信测点,4 000个遥测测点。设置遥信测点变化率3%,遥测测点变化率20%,遥信、遥测均每100 ms发送1次数据,持续发送数据超过24 h。

2. 实验结果分析

根据上述实验方法,分别用本文所提方法和传统基于消息中间件Kafka的方法进行数据采集和转发,记录的CPU使用率及内存占用率情况如图5所示。由图5可见,本文所提方法的CPU利用率较低,在实验过程中利用率保持在40%~60%之间,平均利用率为48%,内存需求也处于较低水平,而传统方法的CPU利用率在80%以上,内存需求同样偏高。

因为本文是基于共享内存的数据采集和转发方法,可直接在内存中共享数据,省去了数据复制的步骤,CPU使用率低,且具有低延迟和高吞吐的优势,适合实时性要求高的场景。而传统方法使用kafka消息中间件,数据需要经过序列化、网络传

输、持久化存储等步骤。这些操作会增加CPU的负担,尤其是在高吞吐量、高并发情况下,序列化和压缩会消耗较多CPU资源。

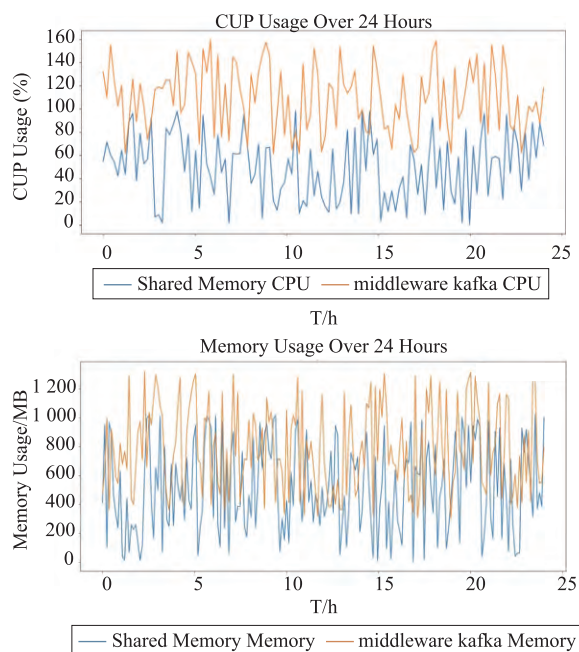


图5 CPU使用率及内存占用率情况

结束语

本文提出的自适应多协议采集和转发的监控系统可自动挂载采集和转发设备,支持多种通信协议和方式,且功能模块间低耦合,各模块数据流实现完全隔离,不受硬件和操作系统限制,保障了系统的可用性与平台稳定性。通过自适应不同协议,对采集的协议测点数据自动进行数据去重,实现不同数据源的采集、转发和监控,能最大限度提高数据交互性能。采用mmap的方式实现共享内存,可以减少数据的复制次数,以及额外所需的存储空间,

支持掉电数据保存。存储和读取数据之间无需数据格式转换,避免性能损失。利用hashtable算法,根据不同协议类型,选择唯一的寄存器地址或测点地址作为每个测点唯一的key,对共享内存中的实时库数据更新整合,保障系统的稳定性和效率。实验表明,本文所提系统在CPU利用率和内存需求方面均低于传统采用消息中间件的方法,CPU利用率降低22%,内存占用量降低43%,极大地提升监控效率。**EA**

(收稿日期:2025-05-18)

参考文献

- [1] 侯鹏飞,孙竹梅,王琦,等. GPRS监管的多协议异构现场总线控制系统[J]. 山东大学学报(工学版),2020,50(1):49-55.
- [2] 陶伟. 面向PLC的多协议工业网关的设计与实现[D]. 无锡:江南大学,2022.
- [3] 张先锋. 基于嵌入式Linux的矿用多协议网关设计与应用[J]. 自动化与仪表,2022,37(10):97-100,108.
- [4] 樊争光,沈剑良,李智超. 面向异构协议转换UVM验证平台中哈希表的设计与实现[J]. 信息工程大学学报,2025,26(1):29-36.
- [5] 马莘莘,盘亚楠,王梦真,等. 基于嵌入式微控制器的工业物联网多协议转换网关设计与实现[J]. 中国宽带,2025,21(2):157-159.
- [6] 朱钦鸿,鲍敏. 基于物联网的异构数据动态解析系统设计[J]. 计算机时代,2023(11):100-103,107.
- [7] 李宗音. 多协议异构数据采集平台的设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2021.

