

基于 HBase 的农业无线传感信息存储系统^①

周利珍, 陈庆奎

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 无线传感网络由于分布的跨区域性, 随着无线传感网络的扩张, 如何高效组织存储这些跨区域的大规模的传感数据是近年来研究的热点和难点。根据大规模传感器数量大、分布广的特点, 设计使用分层次的分布式存储方案。Hadoop 的 HBase 是一个分布式的数据库, 提供实时读写、随即访问、高可扩展性和高可用性的存储服务。使用 HBase 构建两层存储架构, 分别存放区域内传感器数据和传感器数据的元数据。实验表明, 该系统有良好的扩展性、存储和查询效率, 能够满足大规模传感器数据的存储问题。

关键词: 云计算; Hbase; 分布式存储; 无线传感网络; 物联网

HBase-Based Storage System for Wireless Sensor Information of Agriculture

ZHOU Li-Zhen, CHEN Qing-Kui

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University Of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Wireless Sensor Networks which spread widely, and with the expansion of WSNs make it difficult to store the collecting massive data. Considering large number of sensors which is large number and widespread, this paper designs layered distributed storage solution, Hbase, which is a project of Hadoop, is a distributed database, providing real-time read/write random-access large-scale data sets, high scalable and high available storing service. This paper will describe how to store the massive data by two layer storage architecture to store sensor data from different regions and meta data of those sensors. Experiments show that this system with high scalability, storage and query efficiency can solve the massive sensor data storage.

Key words: cloud computing; HBase; distributed storage; wireless sensor network; internet of things

随着物联网^[1-3]在中国的推广, 信息技术界面临海量信息存储^[4]问题。无线传感网^[5]作为物联网末端信息存储, 分布区域越来越广, 规模越来越大, 产生信息量飞速增长。举例来说, 若传感器采样频率为 5s, 那么一天一个传感器采样数据量有 17280 条, 1000 个传感器一天的采样数据量就有近 2 千万条, 一年的数据量有 63 亿条。海量信息存储的方法很多, Oracle 和 EMC 提供了存储系统及硬件, 比较经典的是 RAC^[6], RAC 已经在工业和信息界得到广泛应用。然而这些数据库都是基于关系和对象模型的, 对复杂数据存储有较高的表现能力, 但是存储代价及系统消耗比较大。

近年来, 随着云计算技术的发展, 学术界对海量数据存储进行深入探讨, 以 Hadoop^[7]集群为代表的分布式计算技术以及 HBase^[8]存储系统以列存储数据, HBase 是 BigTable^[9]的开源实现。传感器数据类型单一, 是按时间分布的单列数据, 因此 HBase 是适合无线传感网络的信息存储。根据农业传感器分布广、数目多的特点, 用 Hadoop 构建集群存储管理系统, 通过 HBase 分布式存储传感器数据。为解决跨区域的数据存储问题, 设计两层存储架构, 根据区域构建存储集群, 每个区域都有一个 HBase 集群存储数据, 在所有区域之上设计一个全局数据存储, 用来保存各个区域存储信息, 不保存传感器采集的数据。

① 基金项目:国家自然科学基金(60970012,61003031);上海信息技术领域重点科技攻关项目(09511501000);上海重点科技项目(09220502800);上海市重点学科建设项目(S30501)

收稿时间:2011-11-13;收到修改稿时间:2011-12-26

1 相关原理及架构设计

1.1 HBase 介绍

HBase 是分布式、面向列的存储系统, 提供实时读写和随机访问大数据集。HBase 自动把表横切成不同的区域(region), 每个区域包含表的所有行的一个子集。HBase 由一个主节点(master)协调一个或多个区域服务器(region server)组成。HBase 的实现依赖于 Zookeeper^[10]来协调管理, Zookeeper 负责选取一个节点为 Master, 剩下的节点为 region server。

HBase 表是有行和列组成。表的单元格是行和列坐标的交集, 它们是有版本号的。在默认情况下, 版本号是在单元格插入时由 HBase 自动分配的时间戳(Time Stamp)。表的单元格内容是一个未解释的字节数组。每行的列被分组, 形成列簇(column families), 所有的列簇成员都有相同的前缀, 组内列通过标识符(qualifier)区分, 因此, 每列就表示为 column family: qualifier。

1.2 大规模传感网络

一个无线传感网络有一个或多个汇聚节点专门收集所有传感器节点采集的数据, 汇聚节点通过网关实现数据 and 应用程序的交互。无线传感网络的数据存储分为内部数据存储和外部应用程序存储, 讨论数据从传感器采集经汇聚节点到外部的存储问题。

传感器网络的大规模性包括两方面的含义: 一方面是传感器节点分布在很大的地理区域内; 另一方面, 传感器节点部署很密集, 在一个面积不是很大的空间内, 密集部署了大量传感器节点。

在实际应用中, 传感器的分布广、规模大, 部署是有区域性的, 一些传感器聚集在一个区域中。

1.3 系统架构

根据传感网络分布的区域性, 设计物联网数据存储架构如图 1 所示。它包含三个层次:

(1) 网关层: 传感器数据的接入层, 不同传感器类型都有与之对应的网关来接收并处理传感器数据。传感器采集的数据通过网关被应用程序获取。

(2) LM(Local Manager)层: 管理传感数据的存储, 从网关获取传感器采集数据, 并实时存储这些数据。

(3) GM(Global Manager)层: 管理并记录全局信息, 分配传感器数据存放位置。

由于大规模传感器分布存在区域性, 如果将所有区域传感器采集数据存放到一个 LHBase(Local

HBase)集群数据库必然导致网络资源的消耗大、费时长, 因此, 将各个区域采集的数据存放在区域数据库服务器有利于减少网络资源消耗, 提高数据的实时性存储和访问。因此, 本文将网关按区域划分, 每个区域都有 LHBase 用来存放网关收集的实时传感器采集数据, GHBase(Global HBase)中保存全局信息, 记录所有 LHBase、LM、网关及传感器等信息。

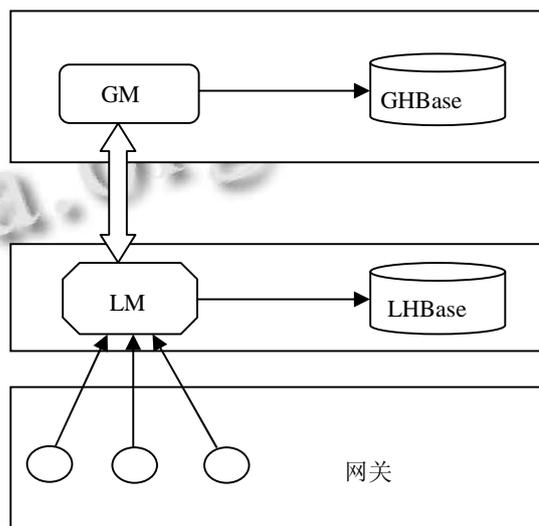


图 1 系统架构图

2 系统实现

2.1 存储表结构设计

本文设计的存储架构需要保存两类数据表: 全局信息表和传感器数据表。其中, 全局信息表包括保存所有已经配置的 LHBase 表、所有区域的网关信息网关表、所有传感器信息 Sensor 表。这些表都只有一个 column family, qualify 就是存放属性值。LHBase 表(info:gid, info:ip, info:port, info:region servers, info:avaCapacity, info:location), 其中 gid 表示唯一标示符, ip 表示 Master IP 地址, port 表示 Master 端口, avaCapacity 表示可用存储空间, location 表示所在地理位置。网关表(info:gid, info:name, info:location, info:LHBase gid), 其中 gid 表示唯一标示符, name 表示网关名称, location 表示所在地理位置, LHBase gid 表示网关数据存放的 LHBase 标示符。Sensor 表(info:gid, info:id, info:location, info:sensor type, info:data type, info:sample rate, info:storage table, info:netgw_gid), 其中 gid 表示唯一标示符, id 表示节点本地编号, location 表示所在地理位置, sensor type 表示传感器类

型, data type 表示传感器采集数据类型, sample rate 表示采样频率, storage table 表示存放采集数据的表名, netgw_gid 表示其接入网关的标示符。每个传感器都有一个表用来存放采集的数据, 称为传感器数据表 (info: time, info:data), 分别表示采样时间和采样值。GHBase 中数据表 LHBase 表、网关表、Sensor 表分布在所有 region server 节点上, 而 LHBase 中所有传感器采集的数据存放表也分布在所有 region server 节点上。

2.2 数据写入过程

HBase 中各个表的操作需要首先获取 HTable 类的对象, 然后使用 put、get 方法来完成插入和读取数据操作。使用 HBaseAdmin 对象来完成对表的新建、删除等操作。数据写入是指传感器采集的数据汇集到网关后, 需要经过 LM 的写操作写入到 LHBase 指定的表中。每个传感器需要分配一个表来存放数据, 表的分配是由 LM 向 GM 申请的, 申请表名和表结构。LM 接收到来自各个网关的传感器数据 data 后, 需要将这些数据存放到 GM 指定的表中, 需要经过以下的步骤, 如图 2 所示:

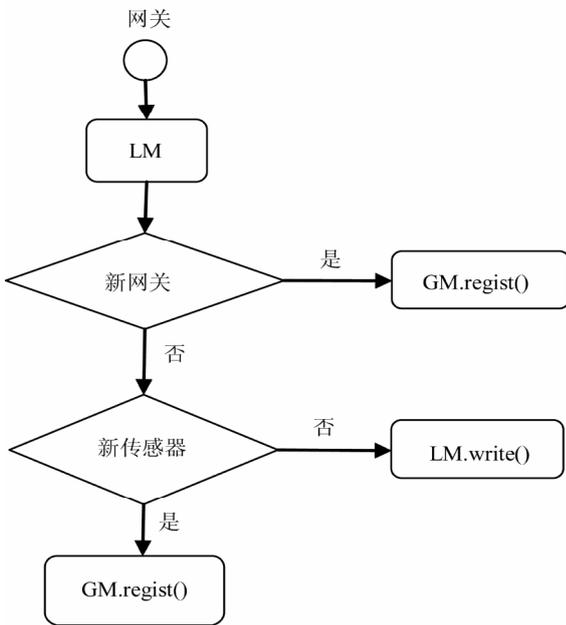


图 2 数据写入过程图

- ① 判断是否是新加入的网关, 若是, 转 2; 若否, 转 3;
- ② LM 通过 RPC^[11]调用 GM 的 regist()获取网关 gid 并保存;

- ③ 判断是否是新的传感器节点, 若是, 转 4; 若否, 转 5;

- ④ LM 通过 RPC 调用 GM 的 regist()获取传感器 gid、存储表名和表结构并保存;

- ⑤ LM 按照从 GM 获取的表名和结构写入数据。首先需要判断表是否存在 HBaseAdmin。tableExists(tableName), 如果表存在, 根据 column family 和 qualify 新建一个 Put 对象, Put.add(column famiy, qualify, data), 然后获取 HTable 的实例, 写入到表中 HTable.put(Put)。

2.3 数据访问过程

数据访问是指客户端访问某个地区的传感器采集数据信息, GM 维护着全局信息, 客户端需要通过 GM 查询需要访问的数据所在数据库地址, 然后 GM 到对应的数据库服务器上提交请求获取数据并将数据返回, 如图 3 所示。

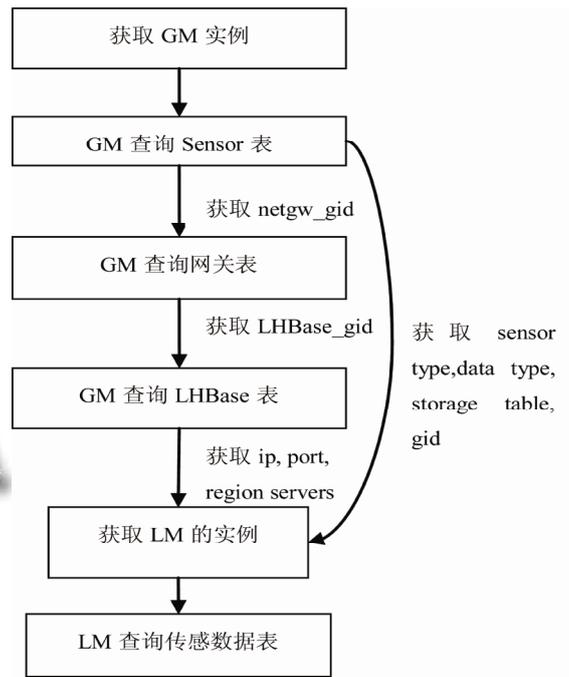


图 3 数据查询步骤

- ① 客户端首先获取 GM 的一个实例;
- ② 通过这个实例 RPC 调用 GM 的 query()查询 sensor type, data type, storage table, netgw_gid, 以及传感器 gid;
- ③ GM 将 1 中获得 netgw_gid 查询表 NetGateway, 获取 LHBase_gid;
- ④ 根据 2 中获得的 LHBase_gid 查询表 LHBase,

获得 ip, port, port, region servers;

⑤ GM 从 3 中获得了 LHBase 的信息, 从 1 中获得存储表信息, 获得 LM 的一个实例;

⑥ 通过 LM 的实例就可以通过 RPC 调用 LM 的 query() 获得数据, 但这个数据是 byte 类型的, 需要根据 data_type 转换成相应的数据类型。

3 实验环境及实验结果

3.1 实验参数信息

配置两个 Hadoop 集群, 它们的参数都是 DataNode 节点数目为 5, NameNode 节点 1 个, Jobtracker 节点 1 个, Master 节点 1 个, 每个节点处理器分别为 Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E7300 2.66GHz, 2GB 内存, 320GB 硬盘, 操作系统为 Ubuntu 10.04, JDK 版本为 Sun JDK 1.6.0_24, 使用 Hadoop 版本为 hadoop-0.20.2, 设置数据块为 64MB, 副本数是 3。使用 HBase 的版本是 hbase-0.20.4, 使用 Zookeeper 的版本是 zookeeper-3.3.3。这两个 Hadoop 集群分别模拟区域存储服务集群和全局存储服务集群。

3.2 实验结果

为了验证 HBase 的存储和查询效率以及可扩展性, 使用 28 个传感器节点, 比较单机和配置 5 个节点的集群的写入和读取时间。图 4 显示了单机和集群跟传感器节点个数的写入时间关系。

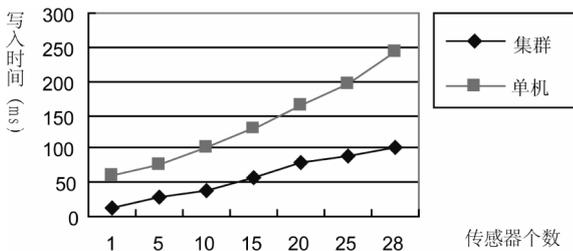


图 4 传感器个数与写入时间关系比较图

从图中可以看出, 当数据量比较小时单机和集群的差距不大。随着传感器数目的增加, 集群的优势开始突出, 写入时间的增长幅度明显小于单机的增长幅度。可见 HBase 集群对于存储规模大的数据明显有优势。图 5 显示了单机和集群跟传感器节点个数的读取时间关系。从图中可以看出, 当数据量比较小时, 单机和集群的差距不大。随着传感器数目的增加, 集群读取时间低于单机读取时间, 并且读取时间的增长

幅度明显低于单机, 说明集群在大数据集上有高效的读取性。图 6 显示了集群的扩展性, 读取 28 个传感器数据的时间随着集群节点数目的增加而降低, 验证了集群的扩展性比较好。

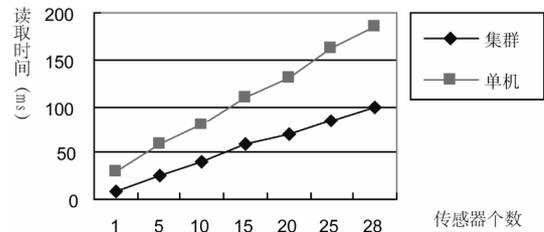


图 5 传感器个数与读取时间关系比较图

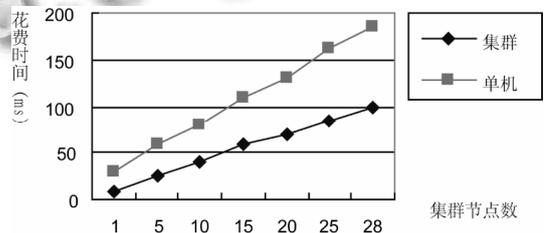


图 6 增加集群节点个数与写入查询时间关系

4 结语

本文主要分析无线传感网络的大规模数据的存储问题, 由于传感器分布的跨区域性, 提出一个基于 HBase 的分层存储架构, 安装配置多个区域数据存储服务集群 LHBase, 每个 LHBase 负责存储其区域内的传感器数据。GHBase 保存全局信息, 维护全局管理。并通过实验验证了 HBase 具有良好的可扩展性、高效的存储效率和访问效率。

参考文献

- 1 International Telecommunication Union, Internet Reports 2005:The Internet of Things.Geneva:ITU,2005.
- 2 Rfid Working Group. Internet of Things in 2020:Road- map for the Future. <http://www.smart-systems-integration.org/public/internet-of-things>.
- 3 Conti JP. The internet of things.Communications Engineer, 2006,4(6):20-25.
- 4 Chaiken R, Jenkins B, Larson PÅke, Ramsey B, Shakib D, Weaver S, Zhou J. SCOPE: easy and efficient parallel processing of massive data sets. Proc. of the VLDB Endow-

(下转第 26 页)

段号;序列号子字段从0开始,每发送一个帧,序列号依次加1。无线网络设备的MAC地址虽然可以修改,但是MSDU序列号是由硬件决定的,用户无法任意修改,如果入侵者伪装成合法用户,就会有两个设备共用一个MAC地址,这样的话检测到的序列号一定会是时大时小没有严格的递增的,所以可以据此来检测是否有人盗用了合法的MAC。

当然下列几种特殊情况也会导致序列号不是严格递增:

① 无线网断开重连,数据包的序列号会从0重新开始依次递增。

② 数据包的序列号是模4096的所以数据包的序列号到4095后,会跳变为0。

③ 无线工作站漫游出检测范围,然后又漫游回来。

由于上述情况的存在,所以系统首先对序列号的跳变不应该太敏感,而是应该保证跳变在一定范围内是正常的。其次对跳变次数也不应太敏感,应该允许在一定的阈值内的跳变次数是正常的。在此基础上便可以实现密度检测算法的改良版本序列号统计算法。

2.4.2 统计模块

主要完成各种检测数据的分析统计,方便用户直观了解系统的运行状况,系统统计内容如下:

① 事故分类统计。主要统计数据包总数、攻击次数、警告次数、事故次数、事故率等;

② AP和STA统计。统计AP总数、未授权AP总数、STA总数、未授权STA总数、授权STA总数;

③ 帧数据统计。主要有帧总数、数据帧数量、管理帧数量、控制帧数量以及广播帧数量统计;

④ 数据包长度范围统计。主要统计数据包字节数在0~100、100~300、300~500、500~900之间和字节数大于900的数据包个数;

⑤ 速率统计。主要进行数据帧捕获速率、管理帧速率、控制帧速率、抓包平均速率、实时抓包速率统计;

⑥ 统计抓包开始时间、抓包持续时间、抓包流量等;

⑦ 攻击统计。统计非用户定义的已知和未知攻击类型、用户定义的已知攻击类型和用户定义的未知攻击类型的攻击次数和频度。

3 结语

根据上述模块功能和性能设计,针对验证帧洪水攻击、FakeAP攻击、取消验证及取消关联帧洪水攻击、MAC伪装、误用检测、AP过滤、STA过滤、数据统计以及系统稳定性等内容,应用本系统和目前流行的无线入侵检测软件Kismet进行了比较性测试。测试结果分析表明,和目前流行的无线入侵检测软件Kismet相比较。本系统具有在持续运行的情况下稳定性好,可靠性高,检测攻击种类多,AP/STA过滤功能好,检测攻击灵敏度高,误报率、漏报率低,操作界面友好,可信度高,统计数据齐全,日志查看更方便等优点。

参考文献

- 1 朱建明,马建峰.无线局域网安全—方法与技术.第2版.北京:机械工业出版社,2009.53-77.
- 2 杨哲.无线网络安全攻防实战进阶.北京:电子工业出版社,2011.67-69.
- 3 邢长明.无线网络中分布式入侵检测系统的研究.济南:山东师范大学,2007.113-116.
- 4 齐建东,陶兰,孙总参.网络异常行为的检测方法.计算机工程,2004,30(5):104-105.

(上接第9页)

ment,2008,1(2),1265-1276.

5 Yick J, Mukherjee B, Ghosal D. Wireless sensor network survey. Computer Networks,2008,52(12):2292-2330.

6 Oracle Real Application Clusters.http://www.oracle.com/technology/products/database/clustering.

7 Hadoop.http://hadoop.apache.org/.

8 HBase.http://hadoop.apache.org/hbase/.

9 Chang F, Dean J, Ghemawat S, et al. BigTable:A distributed storage system for structured data.ACM Trans.on Computer Systems,2008,26(2):1-26.

10 ZooKeeper. http://zookeeper.apache.org/.

11 Remote Procedure Calls. http://www.Cs.cf.ac.uk/Dave/C/node33.html.

12 Google-Gson.http://code.google.com/p/google-gson.