



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113037872 B

(45) 授权公告日 2021.08.10

(21) 申请号 202110553109.8

(22) 申请日 2021.05.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113037872 A

(43) 申请公布日 2021.06.25

(73) 专利权人 杭州雅观科技有限公司
地址 310000 浙江省杭州市余杭区仓前街
道欧美金融城4幢3305室

(72) 发明人 王贺 高健伦 顾志诚

(74) 专利代理机构 杭州中港知识产权代理有限
公司 33353

代理人 施建勇

(51) Int. Cl.

H04L 29/08 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102439934 A, 2012.05.02

CN 111552564 A, 2020.08.18

US 2020059529 A1, 2020.02.20

CN 105849724 A, 2016.08.10

审查员 程梦莉

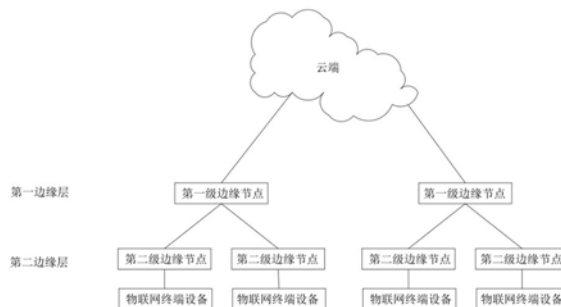
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预
取方法

(57) 摘要

一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预
取方法,属于数字信息传输技术领域,包括以下
步骤:步骤S1,建立物联网多级边缘节点架构;所
述物联网多级边缘节点架构,包括物联网终端设
备、第二边缘层、第一边缘层和云端;步骤S2,传
感数据的边缘缓存;步骤S3,第二级边缘节点的
边缘预取。针对物联网终端设备与边缘节点之
间的交互次数多且单次交互的数据较小的特点,
在原始边缘层和物联网终端设备之间增加了一个
边缘层,将第一边缘层、第二边缘层设置成为轻
量级的数据处理中心,从而减少数据流量,降低
访问延迟。



1. 一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预取方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

步骤S1, 建立物联网多级边缘节点架构; 所述物联网多级边缘节点架构, 包括物联网终端设备、第二边缘层、第一边缘层和云端;

所述物联网终端设备, 包括用户设备和传感器;

所述第二边缘层, 设置有带有缓存的第二级边缘节点; 每个物联网终端设备至少与1个第二级边缘节点通信连接, 且该通信连接采用无线网络、有线网络或者蜂窝网络;

所述第一边缘层, 设置有带有缓存的第一级边缘节点; 每个第二级边缘节点均至少与1个第二级边缘节点通信连接, 且该通信连接采用有线网络或者蜂窝网络;

所述云端配置有存储过去所有数据的数据库; 所有的第一级边缘节点均与云端通信连接, 且该通信连接采用有线网络或者蜂窝网络;

步骤S2, 传感数据的边缘缓存; 采用数据替换的方式, 将高新鲜以及高访问率的传感数据优先得以保留;

步骤S3, 第二级边缘节点的边缘预取; 第二级边缘节点将缓存丢失的所有关联的传感数据存储到其缓存中;

步骤S2还包括以下步骤:

步骤S2a, 物联网终端设备每隔一段时间感知到新的传感数据, 并将新的传感数据上载到第二边缘层的第二级边缘节点;

步骤S2b, 第二级边缘节点为缓存中的每个传感数据分配一个频率值, 频率值的初始值为0, 并且频率值 ≥ 0 ; 每隔固定时间段, 如果传感数据不被访问, 则该传感数据的频率值降低1, 直至频率值降低为0为止; 否则该传感数据的频率值增加1; 传感数据和频率值为一一对应关系;

步骤S2c, 当物联网终端设备将新的传感数据上载到第二级边缘节点, 第二级边缘节点首先判断该边缘节点的缓存是否已满: 如果缓存未满, 第二级边缘节点将新的数据保存在第二级边缘节点的缓存, 并为新的传感数据分配频率值, 频率值的初始值为0; 如果缓存已满时, 将从缓存中删除具有最小频率值的该物联网终端设备的历史传感数据; 如果多个传感数据具有相同的频率值, 则将删除最早的传感数据;

步骤S2还包括以下步骤:

步骤S2d, 第二级边缘节点将物联网终端设备的新的传感数据上载至第一级边缘节点, 第一级边缘节点存储有所有与其通信连接的第二级边缘节点上载的传感数据; 第一级边缘节点将物联网终端设备的新的传感数据上载至云端, 云端存储有所有与其通信连接的第一级边缘节点上载的传感数据;

步骤S3还包括以下步骤:

步骤S3a, 第二级边缘节点建立类型关系集; 第二级边缘节点, 将一段时间内获得所有物联网终端设备的请求数据归集为1个请求数据序列, 请求数据至少包括4个字段, 即用户请求的传感器类型、用户请求的传感数据的位置、用户请求的时间、传感器数据生成的时间; 从每个请求数据序列中根据每种关联规则提取请求数据并形成一类型化请求数据序列;

步骤S3b, 当第二级边缘节点接收到一个新的数据请求时, 会搜索缓存内的与该数据请求对应的传感数据; 如果该传感数据不在缓存中, 则发生缓存丢失数据的情况, 触发边缘预

取：

如果新的数据请求所在的同类型请求数据的占比大于或等于占比阈值时，则根据类型关系集，找到与该同类型请求数据相关联的其它同类型请求数据，然后将新的数据请求所在的同类型请求数据序列以及相关联的其它同类型请求数据序列都添加到预取列表中；

否则，将新的数据请求所在的同类型请求数据序列添加到预取列表中；

步骤S3c，第二级边缘节点，根据预取列表中的所有请求数据，找到缓存丢失的请求数据，然后向第一级边缘节点发送预取列表中的缓存丢失的请求数据；

第一级边缘节点，接收第二级边缘节点的请求数据，若存在缓存丢失的请求数据，则从云端获取缓存丢失的传感数据，并保存于本级缓存，然后将与第二级边缘节点的请求数据对应的传感数据发送给第二级边缘节点；第一级边缘节点，接收第二级边缘节点的请求数据，若不存在缓存丢失的请求数据，则将与第二级边缘节点的请求数据对应的传感数据发送给第二级边缘节点；

第二级边缘节点，将预取列表中的请求数据所对应的传感数据均保存于本级缓存，并将新的数据请求所对应的传感数据发送给物联网终端设备。

2. 根据权利要求1所述的一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预取方法，特征在于，步骤S3a中，关联规则如下：

1, 将每个请求数据序列中的所有请求数据进行归类，统计同类型的请求数据的个数，然后将同类型的请求数据的个数除以该请求数据序列中请求数据的总个数，得到同类型请求数据的占比；当同类型请求数据的占比大于或等于占比阈值时，则将所有该类型的请求数据归集为1个同类型请求数据序列；从每个请求数据序列中提取出来的同类型请求数据序列有多个；依次处理所有请求数据序列，得到k个同类型请求数据序列， $2 \leq k \leq$ 请求数据的类型总个数；

即： $Type(A) = \text{同类型的请求数据的个数} / \text{该请求数据序列中请求数据的总个数}$ ，且 $Type(A) \geq$ 占比阈值；其中，A为请求数据的一种分类类型， $Type(A)$ 表示A类型请求数据的占比；

2, 计算每种类型到其它类型的关联度， $关联度(A \rightarrow B) = Type(A \cup B) / Type(A)$ ，其中，A和B均为请求数据的分类类型；

关联度 $(A \rightarrow B)$ 表示，A类型的请求数据出现后，B类型的请求数据出现的可能性；

预设一个置信度，当关联度 $(A \rightarrow B)$ 高于置信度，则将A和B两个同类型请求数据序列配对并纳入类型关系集。

一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预取方法

技术领域

[0001] 本发明属于数字信息传输技术领域,具体涉及为一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预取方法。

背景技术

[0002] 边缘节点是对边缘网关、边缘控制器、边缘服务器等边缘侧多种产品形态的基础共性能力的逻辑抽象,这些产品形态具备边缘侧实时数据分析、本地数据存储、实时网络联接等共性能力。目前,边缘节点整体处于布局和发展初期。边缘节点位置介于用户和云中心之间,相比较传统的云中心边缘节点更接近用户(数据源),具有小型化、分布式的特性。

[0003] 物联网(IoT,Internet of things)即“万物相连的互联网”,是互联网基础上的延伸和扩展的网络,将各种信息传感设备与互联网结合起来而形成的一个巨大网络,实现在任何时间、任何地点,人、机、物的互联互通。

[0004] 近年来,随着智慧社区等概念的推出和实践,大量的物联网终端设备接入网络,信息交互从而产生海量数据。常见的物联网终端设备有摄像头、电脑、移动通信工具、传感器等。如果直接将物联网终端设备的源数据上传到云计算中心进行处理,一方面会挤占用大量的带宽,另一方面会给云计算中心的处理带来巨大的负担。

[0005] 现有技术中,已经存在对利用边缘计算对视频进行数据处理的案例,例如专利号为CN202011414580.0的中国专利公开了一种基于边缘计算的的视频进行结构化分析的方法及装置,整个系统呈现扁平化分布式架构,中心端只需要完成边缘端节点的调度工作,并且接收边缘端节点传递过来的计算结果,中心端的工作计算量相较于边缘端节点要小很多,因此系统的整体可靠性和容错率有明显提升,不会出现单一节点故障导致影响整个系统的正常功能使用情况,系统可靠性升高;同时利用这种中心和边缘有机结合的分布式架构,可以解决中心或边缘端节点的算力不够、数据处理能力不强的问题,不再受制于单个设备的算力瓶颈,大幅提升计算、分析的能力,加快数据处理速度。

[0006] 然而,上述方案针对的是视频数据的处理,一方面,视频结构化处理、数据加密等过程需要进行大量计算,另一方面,源数据体量大,占用边缘节点的大量存储空间。

[0007] 与视频数据相比,物联网终端设备数量多,物联网终端设备与边缘节点之间的交互次数多且单次交互的数据较小。位置相近的物联网终端在同一时间段发送相同的请求数据的概率较高。因此,网络存在重复的数据处理和高冗余的网络流量。例如,智慧社区中安装了用以监测天气的传感器(例如温湿度传感器),该社区中的张三和李四均通过移动终端在同一时间段向边缘节点发送访问天气数据的请求,如果数据只存储于云端,那所有请求都需要访问云端,云端重复发送相同的天气数据。

[0008] 由于物联网终端设备与边缘节点之间的交互次数频繁,复杂的高访问量判断算法,将加重边缘节点的处理负担,造成网络延迟。

[0009] 因此,针对物联网终端设备与边缘节点之间的交互次数多且单次交互的数据较小,有必要在终端设备附近布置边缘节点,高需求的数据无需再上传至云端进行处理,通过

在网络边缘侧对数据的处理,并采用简单且高效的高访问量判断方式,在确保高缓存命中率的同时,减少请求响应时间,并消除冗余缓存。

发明内容

[0010] 鉴于上述现有技术的不足之处,本发明的目的在于提供一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预取方法。

[0011] 为了达到上述目的,本发明采取了以下的技术方案。

[0012] 一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预取方法,包括以下步骤:

[0013] 步骤S1,建立物联网多级边缘节点架构;所述物联网多级边缘节点架构,包括物联网终端设备、第二边缘层、第一边缘层和云端;

[0014] 所述物联网终端设备,包括用户设备和传感器;

[0015] 所述第二边缘层,设置有带有缓存的第二级边缘节点;每个物联网终端设备至少与1个第二级边缘节点通信连接,且该通信连接采用无线网络、有线网络或者蜂窝网络;

[0016] 所述第一边缘层,设置有带有缓存的第一级边缘节点;每个第二级边缘节点均至少与1个第二级边缘节点通信连接,且该通信连接采用有线网络或者蜂窝网络;

[0017] 所述云端配置有存储过去所有数据的数据库;所有的第一级边缘节点均与云端通信连接,且该通信连接采用有线网络或者蜂窝网络;

[0018] 步骤S2,传感数据的边缘缓存;采用数据替换的方式,将高新鲜以及高访问率的传感数据优先得以保留;

[0019] 步骤S3,第二级边缘节点的边缘预取;第二级边缘节点将缓存丢失的所有关联的传感数据存储到其缓存中。

[0020] 步骤S2还包括以下步骤:

[0021] 步骤S2a,物联网终端设备每隔一段时间感知到新的传感数据,并将新的传感数据上载到第二边缘层的第二级边缘节点;

[0022] 步骤S2b,第二级边缘节点为缓存中的每个传感数据分配一个频率值,频率值的初始值为0,并且频率值 ≥ 0 ;每隔固定时间段,如果传感数据不被访问,则该传感数据的频率值降低1,直至频率值降低为0为止;否则该传感数据的频率值增加1;传感数据和频率值为一一对应关系;

[0023] 步骤S2c,当物联网终端设备将新的传感数据上载到第二级边缘节点,第二级边缘节点首先判断该边缘节点的缓存是否已满:如果缓存未满,第二级边缘节点将新的数据保存在第二级边缘节点的缓存,并为新的传感数据分配频率值,频率值的初始值为0;如果缓存已满时,将从缓存中删除具有最小频率值的该物联网终端设备的历史传感数据;如果多个传感数据具有相同的频率值,则将删除最早的传感数据。

[0024] 步骤S2d,第二级边缘节点将物联网终端设备的新的传感数据上载至第一级边缘节点,第一级边缘节点存储有所有与其通信连接的第二级边缘节点上载的传感数据;第一级边缘节点将物联网终端设备的新的传感数据上载至云端,云端存储有所有与其通信连接的第一级边缘节点上载的传感数据。

[0025] 步骤S3还包括以下步骤:

[0026] 步骤S3a,第二级边缘节点建立类型关系集;第二级边缘节点,将一段时间内获得

所有物联网终端设备的请求数据归集为1个请求数据序列,请求数据至少包括4个字段,即用户请求的传感器类型、用户请求的传感数据的位置、用户请求的时间、传感器数据生成的时间;从每个请求数据序列中根据每种关联规则提取请求数据并形成一個类型化请求数据序列;

[0027] 步骤S3b,当第二级边缘节点接收到一个新的数据请求时,会搜索缓存内的与该数据请求对应的传感数据;如果该传感数据不在缓存中,则发生缓存丢失数据的情况,触发边缘预取:

[0028] 如果新的数据请求所在的同类型请求数据的占比大于或等于占比阈值时,则根据类型关系集,找到与该同类型请求数据相关联的其它同类型请求数据,然后将新的数据请求所在的同类型请求数据序列以及相关联的其它同类型请求数据序列都添加到预取列表中;

[0029] 否则,将新的数据请求所在的同类型请求数据序列添加到预取列表中;

[0030] 步骤S3c,第二级边缘节点,根据预取列表中的所有请求数据,找到缓存丢失的请求数据,然后向第一级边缘节点发送预取列表中的缓存丢失的请求数据;

[0031] 第一级边缘节点,接收第二级边缘节点的请求数据,若存在缓存丢失的请求数据,则从云端获取缓存丢失的传感数据,并保存于本级缓存,然后将与第二级边缘节点的请求数据对应的传感数据发送给第二级边缘节点;第一级边缘节点,接收第二级边缘节点的请求数据,若不存在缓存丢失的请求数据,则将与第二级边缘节点的请求数据对应的传感数据发送给第二级边缘节点;

[0032] 第二级边缘节点,将预取列表中的请求数据所对应的传感数据均保存于本级缓存,并将新的数据请求所对应的传感数据发送给物联网终端设备。

[0033] 步骤S3a中,关联规则如下:

[0034] 1,将每个请求数据序列中的所有请求数据进行归类,统计同类型的请求数据的个数,然后将同类型的请求数据的个数除以该请求数据序列中请求数据的总个数,得到同类型请求数据的占比;当同类型请求数据的占比大于或等于占比阈值时,则将所有该类型的请求数据归集为1个同类型请求数据序列;从每个请求数据序列中提取出来的同类型请求数据序列可以有多个;依次处理所有请求数据序列,得到k个同类型请求数据序列($2 \leq k \leq$ 请求数据的类型总个数);

[0035] 即: $Type(A) = \text{同类型的请求数据的个数} / \text{该请求数据序列中请求数据的总个数}$,且 $Type(A) \geq \text{占比阈值}$;其中,A为请求数据的一种分类类型, $Type(A)$ 表示A类型请求数据的占比;

[0036] 2,计算每种类型到其它类型的关联度,关联度 $(A \rightarrow B) = Type(A \cup B) / Type(A)$,其中,A和B均为请求数据的分类类型;

[0037] 关联度 $(A \rightarrow B)$ 表示,A类型的请求数据出现后,B类型的请求数据出现的可能性;

[0038] 预设一个置信度,当关联度 $(A \rightarrow B)$ 高于置信度,则将A和B两个同类型请求数据序列配对并纳入类型关系集。

[0039] 本方案具有以下优点:

[0040] 1.针对物联网终端设备与边缘节点之间的交互次数多且单次交互的数据较小的特点,在原始边缘层(相当于本申请的第一边缘层)和物联网终端设备之间增加了一个边缘

层(即本申请的第二边缘层),将第一边缘层、第二边缘层设置成为轻量级的数据处理中心,从而减少数据流量,降低访问延迟。

[0041] 第二边缘层的边缘节点,为具有有限计算能力和有限缓存空间的轻量级边缘节点,在满足边缘缓存和边缘预取的条件下,节省了整个架构的部署成本。传统的边缘架构中,所有物联网终端设备都直接边缘节点,在流量负载较高时会导致网络流量瓶颈。而在本边缘架构中,第二边缘层的分担了第一边缘层的终端访问负担。

[0042] 2,边缘缓存,考虑到物联网数据的新鲜度和通信成本,采用数据替换的方式,新鲜度特性高的传感数据以及访问率高的传感数据优先得以保留,从而减少部分网络流量负载和用户访问延迟。

[0043] 3,边缘预取。过去的边缘预取,通常是研究单个用户的请求趋势,且预取算法复杂性很高,需要配置大量的计算资源。而本方案的边缘预取,不在以单个用户的请求趋势为研究对象,而是对接入一组用户进行预测。第二级边缘节点,通过边缘预取,将所有关联的传感数据存储到其缓存中,并将缓存丢失的传感数据发送到用户。因此,如果其他用户也请求这些数据,则本地的第二级边缘节点可以满足这些服务,而不必从上层获取传感数据。

附图说明

[0044] 图1为本发明物联网多级边缘节点架构的示意图。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图,对本发明作进一步详细说明。

[0046] 与视频数据相比,物联网终端设备具有以下特点:

[0047] 1,物联网终端设备数量多,物联网终端设备与边缘节点之间的交互次数多且单次交互的数据较小。因此,传统的复杂的高访问量判断算法,将不再适用。

[0048] 2,物联网终端设备的数据,包括上报该物联网数据的终端设备的当前工作参数值以及该终端设备所采集到的数据值。当前工作参数值通常比数据值占用更多的存储。因此,边缘节点的存储空间大部分被用于存储终端设备的当前工作参数值,而这些信息很多都是重复的、冗余的。

[0049] 3,物联网数据对新鲜度很敏感,因为人们对最新的数据最感兴趣。与视频数据不同,物联网终端设备的数据值,随时间和位置而变化,例如温湿度传感器、PM2.5传感器和大气压传感器的数据值。

[0050] 针对物联网终端设备的特点,本方案采用物联网多级边缘节点的架构。物联网终端设备将数据上传至更近的边缘节点而不是云计算中心,将会减少数据流量,降低访问延迟。

[0051] 针对物联网终端设备与边缘节点之间的交互次数多且单次交互的数据较小的特点,本方案采用数据缓存和数据预取技术。数据缓存和数据预取,具有减轻网络负载、降低网络能耗、减少访问延迟的效果。边缘计算的数据缓存,是指将数据存储的边缘缓存中,供终端用户直接使用,避免用户和边缘节点都从云端调取数据。边缘计算的数据预取,是指在用户需要访问数据之前预先将所需数据从上一层读取并存至边缘节点的缓存。数据缓存和数据预取的关键在于如何判断高访问量的数据。

[0052] 一种基于物联网多级边缘节点的缓存和预取方法,包括以下步骤:

[0053] 步骤S1,建立物联网多级边缘节点架构;所述物联网多级边缘节点架构,包括物联网终端设备、第二边缘层、第一边缘层和云端。

[0054] 所述物联网终端设备,包括用户设备和传感器。所述用户设备,可以是手机、电脑、智能手环、智能手表等。所述传感器,可以是温度传感器、湿度传感器、空压传感器、水压传感器等。用户设备可以生成请求数据和传感数据。传感器生成传感数据。

[0055] 所述第二边缘层,设置有带有缓存的第二级边缘节点。所述第二级边缘节点,采用轻量级的设备,用以降低了边缘节点的部署成本,例如,第二级边缘节点可以采用为客户端提供基于网络的文件共享服务的树莓派(Raspberry Pis)。每个物联网终端设备至少与1个第二级边缘节点通信连接,且该通信连接采用无线网络、有线网络或者蜂窝网络。

[0056] 由于物联网终端设备数量多,且很多物联网终端设备具备本无线传输模块,因此,第二级边缘节点配置有无线传输模块,无线传输模块包括但不限于Wi-Fi模块、蓝牙模块和ZigBee模块。

[0057] 所述第一边缘层,设置有带有缓存的第一级边缘节点。所述第一级边缘节点,采用传统的边缘节点设备,具有较大的计算能力和存储能力,例如服务器或基站。每个第二级边缘节点均至少与1个第二级边缘节点通信连接,且该通信连接采用有线网络或者蜂窝网络,有利于保证第一边缘层和第二边缘层之间大量数据传输的稳定性。

[0058] 所述云端,是具有大量计算能力和存储空间的数据中心,可以是公有云、私有云或混合云。云端配置有存储过去所有数据的数据库。所有的第一级边缘节点均与云端通信连接,且该通信连接采用有线网络或者蜂窝网络,这是可靠的通信连接方式。第一级边缘节点将所有数据上载至云端保存。

[0059] 本架构针对物联网终端设备与边缘节点之间的交互次数多且单次交互的数据较小的特点,采用轻量级的设备作为第二级边缘节点。第二级边缘节点负责接收来自物联网终端设备的传感数据,并且将传感数据都存储到本地缓存,然后将传感数据上载到第一级边缘节点;另外,第二级边缘节点接收物联网终端设备的访问请求,且能收集、缓存传感数据和处理用户的部分请求,从而减轻第一级边缘节点的负担,并根据请求将从本体缓存或者从上一级边缘节点抓取数据并回复该请求。

[0060] 第一级边缘节点可以缓存较大的数据(例如视频),可以执行复杂的任务,提供更大的计算能力。将第一边缘层、第二边缘层设置成为轻量级的数据处理中心,物联网终端设备可以将数据上载到边缘节点,边缘节点收集、缓存、预处理这些数据,用户可以从边缘节点访问数据,而不是从云中获取数据,从而减少数据流量和降低用户访问延迟。相反的,如果将数据处理中心都布置在云端,物联网终端设备与云端的长距离信息传输将导致访问延迟。

[0061] 步骤S2,传感数据的边缘缓存;

[0062] 步骤S2a,物联网终端设备(例如温度传感器)每隔一段时间(例如每五分钟)感知到新的传感数据,并将新的传感数据上载到第二边缘层的第二级边缘节点。

[0063] 传感数据包括该物联网终端设备的当前的工作状态参数值以及该物联网终端设备所采集到的数据值。本方案中,将传感数据分为4个字段,即设备类型、生成值的位置、生成值的时间、传感数值。其中,设备类型、生成值的位置、生成值的时间属于当前的工作状态

参数值,传感数值属于该物联网终端设备所采集到的数据值。

[0064] 四个字段中,传感器类型、生成值的位置始终保持相同、生成值的时间会周期性地变化,所以3个字段的信息是冗余的。如果物联网终端设备每次上传的数据均单独存储在边缘节点的缓存中,它们将占用很多空间。因此,传感数据汇总后存储至传感数据的表格数据集,使得传感器类型和生成值的位置均相同的特定传感器的数据得到规整,一方面节省了空间,另一方面,有利于传感数据的调取。

[0065] 传感数据的表格数据集中,每行表示一个时间段,每列表示传感器类型和生成值的位置均相同的特定传感器的数据。例如,以持续的一天为考察时间,每个时间间隔为5分钟,因此,一天内有288个时间段。物联网终端设备有2种设备类型(编号为1和2)、3个生成值的位置(编号为1、2和3),因此共有6列。

[0066] 表1为传感数据的表格数据集的示例

[0067]

	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,1)	(2,2)	(2,3)
时间点00:00	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值
时间点00:05	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值
时间点00:10	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值
...
时间点23:50	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值
时间点23:55	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值	传感数值

[0068] 表1中的数值内容区域中,第2行第2列就表示在时间点00:05时,设备类型为1、生成值的位置为2的物联网终端设备所上载的传感数值。

[0069] 步骤S2b,第二级边缘节点为缓存中的每个传感数据分配一个频率值,频率值的初始值为0,并且频率值 ≥ 0 。每隔固定时间段(例如5分钟),如果传感数据不被访问,则该传感数据的频率值降低1,直至频率值降低为0为止;否则该传感数据的频率值增加1。传感数据和频率值为一一对应关系。

[0070] 表2为传感数据的频率值的示例

[0071]

	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,1)	(2,2)	(2,3)
时间点00:00	0	1	3	0	3	4
时间点00:05	0	2	4	0	3	5
时间点00:10	1	3	4	0	5	6
...
时间点23:50	2	3	6	1	4	4
时间点23:55	1	2	2	2	3	5

[0072] 步骤S2c,当物联网终端设备将新的传感数据上载到第二级边缘节点,第二级边缘节点首先判断该边缘节点的缓存是否已满:如果缓存未满,第二级边缘节点将新的数据保存在第二级边缘节点的缓存,并为新的传感数据分配频率值,频率值的初始值为0;如果缓存已满时(即,新的传感数据的大小 \geq 最大可用缓存大小),将从缓存中删除具有最小频率值的该物联网终端设备的历史传感数据;如果多个传感数据具有相同的频率值,则将删除最早的传感数据。

[0073] 步骤S2d,第二级边缘节点将物联网终端设备的新的传感数据上载至第一级边缘

节点,第一级边缘节点存储有所有与其通信连接的第二级边缘节点上载的传感数据;同理,第一级边缘节点将物联网终端设备的新的传感数据上载至云端,云端存储有所有与其通信连接的第一级边缘节点上载的传感数据。也就是说,所有传感数据都将存储于云端。

[0074] 由于第二级边缘节点的缓存空间是有限的,考虑物联网数据的新鲜度特性,采用数据替换的方式,新鲜度特性高的传感数据以及访问率高的传感数据优先得以保留,从而减少部分网络流量负载和用户访问延迟。

[0075] 步骤S3,第二级边缘节点的边缘预取。

[0076] 更多的情况下,用户在短时间内是发送多个请求数据,形成一个请求数据序列,而不是单个请求数据。并且,同一请求数据序列中的多个请求数据之间,存在特定的关系,例如位置相关性、时间相关性和类型相关性。例如,位于A地的用户,其对生成于A地的传感数据更有兴趣,而不是B地;用户刚刚请求访问本时刻的当地温度传感数据,那么,该用户很有可能会接着请求访问本时刻的当地湿度传感数据;用户访问完自己的心率传感数据之后,会很想去访问血压或血糖等有关身体健康类型的传感数据。

[0077] 另外,某些领域的请求数据具有周期变化性。以环境传感器为例,每天早上6:00到9:00,很多用户都想知道温度、湿度和空气质量,访问这些传感数据的频率在当天出现高峰。

[0078] 综上所述,请求数据序列反应了多个请求数据之间,存在特定的关系,例如位置相关性、时间相关性和类型相关性,也就是说,反应了某一位置区域内,所有用户的请求访问的兴趣和趋势。因此,通过分析请求数据序列,第二级边缘节点向第一级边缘节点主动预取用户兴趣高的传感数据,从而在后续用户请求该传感数据时能及时反馈。

[0079] 步骤S3a,第二级边缘节点建立类型关系集。

[0080] 具体的,第二级边缘节点,将一段时间(例如5分钟)内获得所有物联网终端设备的请求数据归集为1个请求数据序列,请求数据至少包括4个字段,即用户请求的传感器类型、用户请求的传感数据的位置、用户请求的时间、传感器数据生成的时间;从每个请求数据序列中根据每种关联规则提取请求数据并形成一种类型化请求数据序列。

[0081] 关联规则如下:

[0082] 1,将每个请求数据序列中的所有请求数据进行归类,统计同类型的请求数据的个数,然后将同类型的请求数据的个数除以该请求数据序列中请求数据的总个数,得到同类型请求数据的占比。当同类型请求数据的占比大于或等于占比阈值时,则将所有该类型的请求数据归集为1个同类型请求数据序列;从每个请求数据序列中提取出来的同类型请求数据序列可以有多个。依次处理所有请求数据序列,得到k个同类型请求数据序列($2 \leq k \leq$ 请求数据的类型总个数)。

[0083] 即: $Type(A) = \text{同类型的请求数据的个数} / \text{该请求数据序列中请求数据的总个数}$,且 $Type(A) \geq \text{占比阈值}$ 。其中,A为请求数据的一种分类类型, $Type(A)$ 表示A类型请求数据的占比。

[0084] 2,计算每种类型到其它类型的关联度,关联度 $(A \rightarrow B) = Type(A \cup B) / Type(A)$,其中,A和B均为请求数据的分类类型。

[0085] 关联度 $(A \rightarrow B)$ 表示,A类型的请求数据出现后,B类型的请求数据出现的可能性。

[0086] 预设一个置信度,当关联度 $(A \rightarrow B)$ 高于置信度,则将A和B两个同类型请求数据序

列配对并纳入类型关系集。

[0087] 步骤S3b,当第二级边缘节点接收到一个新的数据请求时,会搜索缓存内的与该数据请求对应的传感数据;如果该传感数据不在缓存中,则发生缓存丢失数据的情况,触发边缘预取:

[0088] 如果新的数据请求所在的同类型请求数据的占比大于或等于占比阈值时,则根据类型关系集,找到与该同类型请求数据相关联的其它同类型请求数据,然后将新的数据请求所在的同类型请求数据序列以及相关联的其它同类型请求数据序列都添加到预取列表中;

[0089] 否则,将新的数据请求所在的同类型请求数据序列添加到预取列表中。

[0090] 预取列表中的同类型请求数据所对应的传感数据,具有很高的被访可能性。

[0091] 步骤S3c,第二级边缘节点,根据预取列表中的所有请求数据,找到缓存丢失的请求数据,然后向第一级边缘节点发送预取列表中的缓存丢失的请求数据;

[0092] 第一级边缘节点,接收第二级边缘节点的请求数据,若存在缓存丢失的请求数据,则从云端获取缓存丢失的传感数据,并保存于本级缓存,然后将与第二级边缘节点的请求数据对应的传感数据发送给第二级边缘节点;第一级边缘节点,接收第二级边缘节点的请求数据,若不存在缓存丢失的请求数据,则将与第二级边缘节点的请求数据对应的传感数据发送给第二级边缘节点。

[0093] 第二级边缘节点,将预取列表中的请求数据所对应的传感数据均保存于本级缓存,并将新的数据请求所对应的传感数据发送给物联网终端设备。

[0094] 第二级边缘节点,通过边缘预取,将所有关联的传感数据存储到其缓存中,并将缓存丢失的传感数据发送到用户。因此,如果其他用户也请求这些数据,则本地的第二级边缘节点可以满足这些服务,而不必从上层获取传感数据。

[0095] 对本方案进行仿真的指标评估。

[0096] 首先,对物联网多级边缘节点架构进行仿真设置。架构中,第一级边缘节点有3个(其编号分别为0、1和2),并且每个第一级边缘节点通信连接有3个第二级边缘节点(其编号分别为0、1和2)。每个第二级边缘节点通信连接有5个物联网终端设备(传感器),因此,本架构中共有15个物联网终端设备。

[0097] 物联网终端设备的更新频率在两分钟到一小时,并且,为了简化模型,所有物联网终端设备保持相同的更新频率。

[0098] 第一级边缘节点的物理缓存约为20MB,第二级边缘节点的物理缓存约为2MB。

[0099] 为了更精准测试本架构的访问延迟,需要测试相邻层级之间的通信时间,以此为基准来衡量用户的访问延迟。云端使用阿里云,自动分配云端服务器。第一级边缘节点使用公司附近的服务器,它通过有线网络连接到云端。第二级边缘节点使用部署在物联网终端设备附近的树莓派-3(Raspberry Pis-3)单板计算机,它通过有线网络连接到第一级边缘节点。

[0100] 通信时间为设备发送请求到接收回复的时间段,为了简化模型,忽略请求的处理时间。从用户到第二级边缘节点的平均访问延迟为5毫秒,从第二级边缘节点到第一级边缘节点的平均访问延迟为48毫秒,从第一级边缘节点到云端的平均访问延迟为38毫秒,从用户到云端的平均访问延迟为120毫秒。

[0101] 为了对本方案的性能作更全面的评估,另外设置有3组对照例。

[0102] 第一组对照例:云端架构。此架构只有物联网终端设备与云端。物联网终端设备直接与云端通信连接。物联网终端设备将传感数据直接上载至云端的数据库。云端接收并服务于用户的请求。

[0103] 第二组对照例:边缘节点架构。此架构只有物联网终端设备、边缘节点与云端。云端具有保存有所有数据的数据库。边缘节点与云端通过有线网络连接,且边缘节点部署有缓存。物联网终端设备将传感数据直接上载至边缘节点,边缘节点接收传感数据和请求数据。

[0104] 第三组对照例:没有预取的多级边缘节点架构。此架构有物联网终端设备、第二边缘层、第一边缘层和云端。第二边缘层、第一边缘层具有边缘缓存的步骤,但是不进行边缘预取。

[0105] 为了测试本方案的性能指标,需要真是的数据。我们可以收集到很多开放的真实的物联网传感器的数据,作为传感数据,但是,用户请求记录很难获取,因此缺少请求数据。为此,我们模拟出用户请求记录作为请求数据,并确保用户请求记录符合真实的用户行为。

[0106] 第一组对照例:云端架构,其平均延时为120毫秒。

[0107] 第二组对照例:边缘节点架构,其平均延时为54毫秒。

[0108] 第三组对照例:没有预取的多级边缘节点架构。若第一级边缘节点和第二级边缘节点采用有线网络连接,其平均延时为14毫秒。若第一级边缘节点和第二级边缘节点采用无线网络连接,其平均延时为21毫秒。

[0109] 本实施例:边缘预取的多级边缘节点架构。若第一级边缘节点和第二级边缘节点采用有线网络连接,其平均延时为6.1毫秒。若第一级边缘节点和第二级边缘节点采用无线网络连接,其平均延时为6.9毫秒。

[0110] 由此可见,采用本实施例的预取方案,相对于第一组对照例的云端架构,延时改善率达94.9%。

[0111] 可以理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,而所有这些改变或替换都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

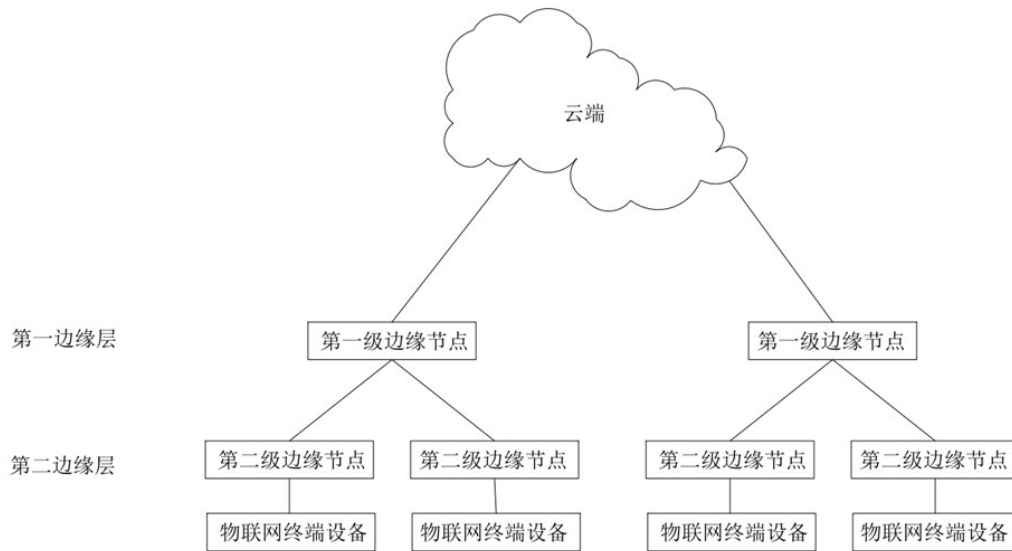


图1