

MQTT在智慧校园建设中的应用研究

睦健 罗珍珍*

桂林信息科技学院

摘要:在物联网技术的推进下,针对数据采集交互需求快速变大,提出将MQTT应用于智慧校园的建设研究,该协议适用于在设备之间传输消息,且具备特殊的遗嘱机制,易于设备掉线时的指令数据,且具有体积小、传输可靠、及时性高的特点,有助于保障高并发场景下消息通讯的稳定性,同时减少网络的开销,加快了“数据”核心的智慧校园建设。

关键词:MQTT; 数据采集交互; 稳定; 智慧校园

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2023.05.169

引言

随着物联网技术的升级,物联网技术在智能家居、智慧农业、智慧交通、智慧城市和智慧医疗等众多场景中发光发热。在国家教育数字化建设中,以“协调、创新、共享、开放”为目标,智慧校园的建设也在各级各类的学校中积极进行。

智慧校园的主要特征是基于物理和信息系统的深度融合,利用新一代信息技术实现校园高度网络化和智能化,新一代智慧校园环境由很多重要的信息系统构成,其中,智慧校园物联网就是智慧校园环境的基础。智慧校园物联网的数据采集、数据传输和数据监测利用,是构建智慧物理系统和实现信息化智慧校园的必要条件。在智慧校园的建设中,越来越多的设备被应用在校区中,物联网需连接的设备的越来越多,数据采集交互需求快速变大,设备传输频率高、数据格式多种多样、终端设备数量庞大,这使得服务器传输和数据存储是高并发的,十分容易造成数据延迟甚至丢失。早期应用层通常使用HTTP协议传输设备数据,有着处理繁多的接口协议特别繁琐,并且无法有效管理消息的接收,头部报文占用太多流量等缺点,因此迫切需要一个新的数据采集监测方案。而IBM开发的MQTT轻量级信息传输协议,凭借着传输可靠、高及时性、JSON内容格式、小成本支出的优势,可以很好的解决智慧校园建设中数据传输问题,以进一步推进智能化发展,为信息化智慧校园带来方便。

一、MQTT基本原理

MQTT(消息队列遥测传输)是ISO标准(ISO/IEC PRF 20922)下基于客户端-服务器的消息发布/订阅范式的消息协议,用于在设备之间传输消息。广泛适合于连接具有最小网络带宽的远程设备,处理不可靠的网络,易于实施,此外,它具有轻量、开放并且非常容易实现的特点,因此,适用范围极其广泛。即便是在很多受限制的环境下,比如:机器(M2M)通信和物联网(IoT),也能够得到应用。因此非常适合工作在低带

宽、不可靠的网络的远程传感器和控制设备机器对机器的通讯,甚至也在卫星链路通信传感器、智能家居、及偶尔拨号的医疗设备中广泛使用。

此外,MQTT协议中只有MQTT代理服务器(Broker)和客户端(Client)两个角色,以及一个关键概念:主题(Topic)。

(1)代理服务器(Broker)只为MQTT服务,是消息中间件,具备主题管理、消息接收、消息路由和消息存储等能力。

(2)客户端(Client)为使用MQTT的设备或者程序,具备消息发送与接收消息的能力,与Broker连接后,Clients所有的通信都需要经过broker转发。

(3)主题(Topic)为应用消息的标签,被Client订阅(SUB),Client订阅后,其他Client发布消息(PUB)指明主题并匹配后,Broker则将该条消息推送给所有订阅此Topic的Client。

图1所示为MQTT消息传输示意图,图中Publisher和subscriber均为客户端,MQTT Broker为服务端,虚线箭头表示指定topic的消息推送。在Client均连接Broker的前提下,其中一个Client(这里也称为Publisher)可以指定Topic并推送相关数据,MQTT Broker中所有订阅了此条Topic消息的Client(这里也称为Subscriber)都可以收到Broker推送的此条消息,这种Publisher给Broker发送带有Topic的消息,而Broker根据Topic选择性的转发消息给Subscriber的模式,使得publisher不需要与Subscriber建立直接联系,也不用知道对方的存在,实现Publisher与Subscriber解耦。MQTT Broker的一个重点就是Topic的设计,通常Topic的写法如下:

1. chat/room/1
2. sensor/10/temperature
3. sensor/+/temperature
4. sensor/#

上述写法中,写法1与写法2均是常规写法,从这

里可以看出，Topic的支持数字与英文，MQTT的Topic本质其实是utf-8编码的字符串，用“/”进行分层。写法3与写法4中出现了单层通配符“+”与多层通配符“#”，通配符均仅能用于订阅，不能用于发布信息时使用，且必须占据整层才能生效，单层通配符“+”仅能占据一层，例如订阅时使用写法3，则可以匹配到sensor/10/temperature的消息。而多层通配符“#”也是只能应用在整层，且必须时Topic的最后一个字符，例如订阅时使用写法4，则可以匹配到sensor/10/temperature或者sensor/other的消息。还有一点是需要特别说明的：是Topic不需要提前创建，所以开发者完全可以不用担心Topic的管理问题，当Topic没有进行Subscriber匹配时，该条消息则会被直接删除。

因此，设计好Topic的命名，再加上MQTT简单易用的发布订阅模式，这使得MQTT具备了高可用性、高拓展性的特点，且十分适用于大型系统的使用，这为智慧校园的推进带来了方便。

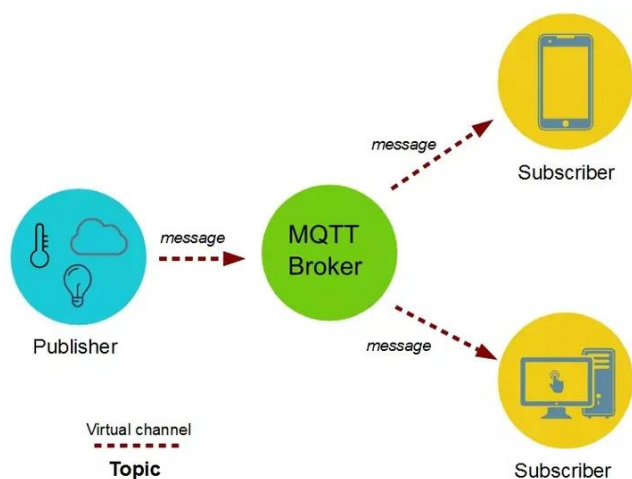


图1 MQTT消息传输示意图

二、MQTT协议在智慧校园中的应用

在国家的大力推进下，智慧校园的建设重点已经从系统集成为主快速转变为以数据为核心的阶段，传感器等物联网设备使用数量随着智慧校园建设的阶段变更而快速增加，这同时给数据传输带来了巨大的压力。通过实践中的观察和分析可以看出，校园数据传输存在以下6方面的问题：

- (1) 智慧校园数据传输可靠性难以保证；
- (2) 智慧校园智能设备、数据协议数量众多，这导致一一实现数据对接成本较高且系统容易冗余；
- (3) 设备掉线时的指令数据难以处理；
- (4) 数据传输的安全性不高；
- (5) 数据交互多，往往导致网络流量大；
- (6) 智慧校园后续建设因应用系统耦合性强而难以推进。

针对以上存在的问题，MQTT消息提供了三种QoS（Quality of Service levels）的发布：

①QoS 0：会发生消息丢失或者重复，可适用心跳包或者频繁上报数据的服务质量等级，极大的减少网络流量开支与服务器内存开支；

②QoS 1：保证最少有一次消息成功发送给订阅者，订阅者可能收到2条甚至以上的同一条消息；

③QoS 2：保证消息有且仅有一次成功发送给订阅者，三种QoS中网络开销最高。

根据消息的重要性，正确选择合适的QoS，这不仅很好的解决了数据传输可靠性的问题，又可以通过有效的QoS设置，大大的减少网络流量。

相比HTTP协议庞大的报文，MQTT报文仅由固定头、可变头和有效荷载组成，除固定头为必选项外，可变头和有效荷载都是可选项，固定头长度仅为2字节，但是考虑到载荷最大可支持256 MB数据，这使得协议需要交换最小化，以有效解决数据交互多而导致网络流量大的问题。然而，由于协议内容支持JSON格式，简单的key-world式结构，适应不同的数据协议，因此，MQTT可以接受任何数据协议的内容，在数据传输中不用一一对应开发相应接口，仅需有效定义Topic路径。因此，很好的解决了智慧校园智能设备、数据协议数量众多的问题，同时也对应用服务与应用服务、应用服务与设备间解耦，促进了智能校园的发展。

除此之外，MQTT具有特殊的遗嘱（Last Will and Testament）机制，这可以有效保证Client的掉线通知，以方便第一时间通知订阅者离线消息，因此，设备掉线时得指令数据得到了很好的处理。同时MQTT除了可以在CONNECT报文中提供了可选的用户名（UserName）+口令（PassWord）的认证方式外，还额外支持安全传输层协议（Transport Layer Security, TLS）、增强的口令认证密钥交换协议，以及安全通信方案与基于主题的加密方案等多种方案，很好的解决了数据传输的安全性不高的问题。

目前，通过MQTT服务，已经拓展出了数十个MQTT服务端程序，可以通过PHP, JAVA, Python, C, C#等热门语言向MQTT发送消息，这给研发者带来了很大的方便。以EMQX服务端程序为例，企业级EMQX单节点已经支持500万MQTT设备连接，集群支持水平扩展至1亿并发，消息吞吐量可以达到100万/秒，完全满足智慧校园日益增加的数据交互量。

最后，MQTT使用发布/订阅的消息模式，一方面实现了一对多的消息通讯，适用多个服务进行数据交互，另一方面可以解除应用服务耦合，有利于建设云服务，

实现电信网、互联网、物联网等多网融合，更好的推进智慧校园的建设。

图2为MQTT在智慧校园中的应用框图，图中主要由应用层、数据传输层与物理层组成。其中，最上层为应用服务所在，在智慧校园多个应用服务中，用MQTT做消息中间件，这相当于交通枢纽，实现各个应用服务之间解耦，使得每个服务有更多的注意力关注本身业务模块的建设。另外，基于MQTT协议的QoS属性，能耗设备的传感器数据采集可以选用QoS=0，减少网络开销，而安防监控服务一旦经过边缘计算需要产生一条

报警信息，则可以将QoS设置成2，保证消息的必达，由应用服务启动对应预案。在协议数据接口上，MQTT支持JSON格式，多个应用服务则只需要根据Topic不同设置相应的接口接受数据，而不用再去关注数据传输格式是否匹配，减少了开发难度，降低智慧校园建设的费用。MQTT消息也可以上云端，实现了物联网与互联网的交融。

其他两层构建则以MQTT网关与M2M终端为核心，在智慧校园的建设中也有着非常灵活的实现方式，针对不同校园的不同智能化设备、网络的情况进行方案选择。

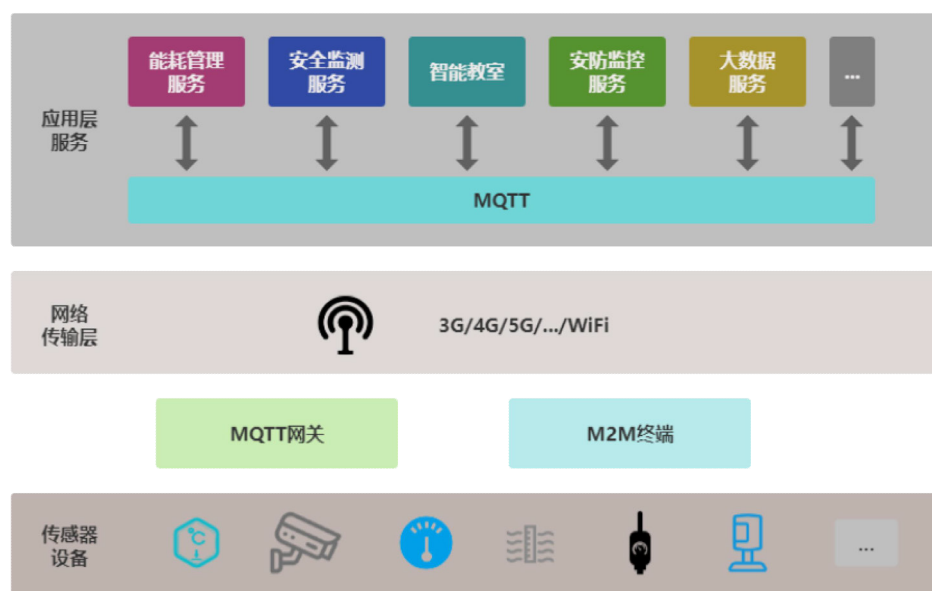


图2 MQTT在智慧校园中的应用框图

三、结论

本文首先针对物联网技术的发展，提出智慧校园的必要性，并针对当前数据采集交互存在的问题，简要介绍MQTT的基本原理，然后探讨将MQTT用于信息化智慧校园建设应用。然后深入分析MQTT协议，从协议基础到报文详情，浅谈了遗嘱机制与QoS参数的意义，并关联智慧校园的“数据”核心存在的问题最后提出了具体的解决办法，同时结合MQTT的特点，提出将MQTT协议应用于智慧校园的实际应用中，以进一步加快推进智慧校园的实际建设。

参考文献

[1] 吴展斌, 陈汉营. 基于MQTT物联网协议的校园共享设备数据采集方案设计与优化[J]. 广东技术师范大学学报, 2022, 43 (06): 15-21.
 [2] 张诗怡, 朱豪杰, 黄明浩, 慕瑞华. MQTT协议安全加固研究[J]. 通信技术, 2022, 55 (12): 1626-1635.
 [3] 严彦欢. 消息队列遥测传输协议 (MQTT) 技术分析[J]. 电子技术与软件工程, 2021 (12): 3-4.

[4] 何智, 何爽, 孙可, 张同. 中小学智慧校园建设规范文献比较分析[J]. 中国现代教育装备, 2022 (22): 1-9.

[5] 荣锋, 孟环环. 基于MQTT协议的智能网关设计[J]. 现代电子技术, 2023 (2): 75-79.

[6] 李携林, 赖馨. 基于物联网技术的智慧校园建设[J]. 电信工程技术与标准化, 2019, 32 (06): 87-92.

[7] 陈文艺, 梁宁宁, 杨辉. 基于MQTT的物联网网关双向通信系统设计[J]. 传感器与微系统, 2022, 41 (08): 100-103.

作者简介: 1. 睦健 (1992-), 男, 湖南永州人, 工程师, 学士, 工作与桂林信息科技学院电子工程学院, 研究方向为信号处理和电子技术。

2. 罗珍珍 (1992-), 通讯作者, 女, 湖南永州人, 讲师, 硕士研究生, 工作于桂林信息科技学院电子工程学院, 研究方向为嵌入式系统以及信号处理。

基金项目: 本文系2022年度广西高校中青年骨干教师科研基础能力提升项目: 基于移动通信中FBMC-OQAM系统的压缩感知研究 (编号: 2022KY1630)。