

周施文, 郑超, 程志. 基于 MQTT 协议研发安卓手机地震预警应用[J]. 华南地震, 2017, 37(4): 48–53. [ZHOU Shiwen, ZHENG Chao, CHENG Zhi. Development of Earthquake Early Warning Application for Android Mobiles Based on MQTT Protocol [J]. South China journal of seismology, 2017, 37(4): 48–53.]

基于 MQTT 协议研发安卓手机地震预警应用

周施文, 郑超, 程志
(福建省地震局, 福州 350003)

摘要: 利用消息队列遥测传输 (Message Queuing Telemetry Transport, MQTT) 协议高效、可靠、低耗的特点, 研发了一款适用于安卓手机 (安卓系统 4.0 及以上) 的地震预警应用。简要论述了研发背景, 介绍了 MQTT 协议的基本特点和基础模型, 详细描述了地震预警应用的技术框架, 包括数据流、数据格式、应用设计等, 并给出了测试评估结果。该应用可实时接收 MQTT 消息代理服务器推送的地震预警数据并做出预警响应; 也可以实时接收并展示最新的地震速报数据, 具有可靠的时效性, 在行业内具有首创性。

关键词: 地震预警; MQTT; 安卓手机应用

中图分类号: P315.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2017) 04-0048-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.04.009

Development of Earthquake Early Warning Application for Android Mobiles Based on MQTT Protocol

ZHOU Shiwen, ZHENG Chao, CHENG Zhi
(Fujian Earthquake Agency, Fuzhou 350003, China)

Abstract: This paper takes advantages of the good characters of Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol (high efficiency, good reliability and low energy consumption) to develop an Earthquake Early Warning (EEW) application applicable to Android Mobiles (Android 4.0 and above). This paper briefly introduces the background, the basic characters and fundamental model of MQTT, then describes the technical frame of the EEW app in details, including data flow, data format, app design and etc., and finally represents the evaluation test and analyzes the results. This EEW app can real-time receive the EEW data pushed from the MQTT broker and makes early warning responses; it can also receive and make notice of the latest Earthquake Quick Report (EQR). This EEW app is time-guaranteed, and is initiative in this industry.

Keywords: Earthquake Early Warning (EEW); MQTT; Android mobile app

收稿日期: 2016-07-13

基金项目: 福建省地震局青年基金项目“基于消息中间件的安卓地震预警专用接收终端研发”

作者简介: 周施文(1986-), 男, 工程师, 主要从事紧急地震信息服务系统的研发。

E-mail: 2914311313@qq.com.

0 引言

我国是世界上地震灾害最为严重的国家之一。随着移动通信和智能手机的普及和全民防震减灾意识的提高,国内手机应用市场上出现了相应的地震信息类应用。此类应用绝大多数以提供地震三要素(震时、震中、震级)信息为主,官方应用以中国地震台网的“地震速报”为代表,第三方应用以成都高新减灾研究所的“地震预警”为代表。在应用介绍里提到具有地震预警功能的国内手机应用,仅有成都高新减灾研究所的“地震预警”应用,但是该应用的地震预警数据来源是基于较为简易的地震监测仪器和该所自主研发的地震监测系统,误报风险较大,并不具备官方权威性;而在日本,地震预警信息只有政府授权的组织和部门,如日本气象厅,才可发布地震预警信息。因此,研发一个基于官方地震数据来源、具备官方权威性的手机地震预警应用已不仅仅是市场所需,更是地震系统为大众提供地震预警服务的当务之急^[1-2]。

实现手机地震预警应用需要采用高效、可靠、低耗的消息传输机制。目前主流的面向消息中间件协议有 Java 消息服务(JMS)、高级消息队列协议(AMQP)、流文本定向消息协议(STOMP)、可扩展通讯和表示协议(XMPP)、消息队列遥测传输(MQTT)等。基于上述各协议的中间件产品(如 Apache Qpid、ActiveMQ、RabbitMQ 等)均能提供高效、可靠的消息传输服务。因此,各协议的功耗差别成为了本文选择的重要依据。经调研,MQTT 协议“体积”小、功能“专一”,成为市面上手机 APP 的主要选择,代表应用为 Facebook Messenger App。因此,MQTT 协议成为本文搭建手机预警应用的选择。另一方面,目前主流的手机操作系统有安卓、苹果、微软和黑莓等。据统计,截至 2015 年,全球安卓操作系统份额达 81%;2015 年度中国手机市场上,搭载安卓系统的手机获得 82.02%的关注比例,占据绝对主流。

基于上述两点,本文以安卓系统为目标,首先简略介绍 MQTT 相关资料,然后详细介绍基于 MQTT 协议开发安卓手机地震预警应用,并给出相关的测试评估结果。

1 MQTT 协议简介

MQTT 协议全称是消息队列遥测传输协议

(Message Queuing Telemetry Transport),由 IBM 公司主导开发,提供开源的实现。MQTT 协议是面向消息中间件(Message-Oriented Middleware, MOM)的一种协议。MOM 是一种异步、无阻塞、基于消息的通信技术,能够屏蔽操作系统和网络协议的差异,具有良好的可靠性和灵活性,特别适用于逻辑关系松散的分布式环境³。基于此,MQTT 协议具有以下几点特性:

(1) 采用发布-订阅消息通信协议,提供一对多的消息发布模式。

(2) 基于 TCP/IP 协议,提供 3 种消息服务质量(Quality of Service, QoS):

① At Most Once,用 0 标识,消息最多被传递一次;在基于 TCP/IP 协议的网络中,消息可能会丢失或重复。

② At Least Once,用 1 标识,确保消息到达,但可能会重复传递消息。

③ Once and Exactly Once,用 2 标识,消息保证传递且仅有一次传递。

(3) 开销小,固定长度的消息头部是 2 字节,利于大数据并发时节省数据流量。

(4) 支持处理客户端和服务端之间的连接丢失,如果客户端意外掉线,可使用“遗嘱和遗嘱”(Last Will 和 Testament 特性)向服务器发布一条消息。

(5) 支持绝大多数平台和编程语言,实现程序松耦合。

(6) 易于实现,语法采用简单的动词集合,如 connect、subscribe 等。

1.1 MQTT 协议基础模型

MQTT 协议的基础模型中定义了 3 种角色:消息发布者 Publisher、消息代理 Broker 和消息订阅者 Subscriber,如图 1 所示。其中,消息代理即为消息代理服务端,负责管理消息发布者的注册和主题登记、消息订阅者的注册和主题订阅、消息的存储和转发。消息订阅者和消息发布者的角色可以根据场景的不同而互相转换。比如说,一个消息发布者可以同时向消息代理订阅主题并接收消息推送,从而成为消息订阅者,反之亦然。

MQTT 协议屏蔽了具体的消息内容,以主题(Topic)为标识对发布的数据进行转发。发布者可以通过向不同主题发布不同的信息,提高信息发布的效率;订阅者可根据需要订阅相关的主题,减少冗余信息,提高信息的利用率。

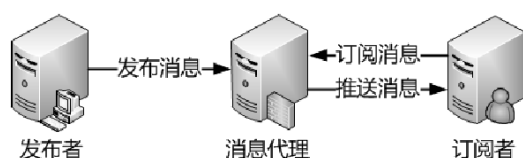


图1 MQTT 协议原理基础模型

Fig.1 The fundamental model of MQTT

1.2 基于 MQTT 协议的消息代理软件

实现 MQTT v3.1.1 协议功能的消息代理软件有很多,其中开源的以 Mosquitto、EMQTT (Erlang MQTT Broker)、VerneMQ 为代表,闭源的以 IBM 公司的 Websphere MQ 和 MessageSight 为代表。其中,EMQTT 和 MessageSight 突出了高并发功能,可支持百万级连接和消息并发。本文选择 IBM MessageSight (虚拟机版) 作为消息代理服务器,原因有 3 点:第一,便于安装,在虚拟机上导入 MessageSight 程序后配置,即可开始使用;第二,

便于操作, MessageSight 除了支持命令行配置之外,还带有可视化管理界面;第三,可以得到 IBM 的专业技术支持。

2 技术要素框架和应用模块

2.1 地震数据流

数据处理服务器接收到地震数据源发送的地震信息数据后,根据不同的信息,生成符合预定格式的地震预警数据和地震速报数据,通过不同的主题发送至消息代理服务器。安卓手机地震预警应用(以下简称预警应用)在连接 MessageSight 的时候会订阅相关主题, MessageSight 会记录此信息,当接收到数据处理服务器发送的数据时,即时按主题推送至预警应用(图 2)。预警应用根据接收到的数据和其所在的主题进行相关操作。本文的重点在实现预警应用与 MessageSight 的连接、主题订阅、消息接收和响应。

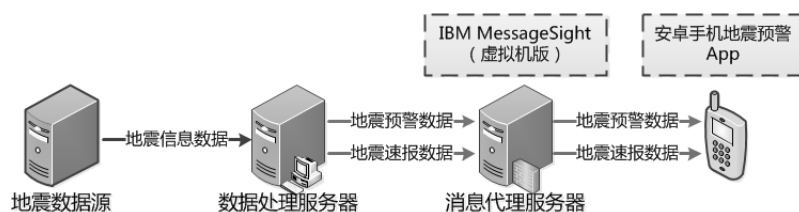


图2 地震数据流示意图

Fig.2 The earthquake dataflow diagram

2.2 主题与数据格式

本文使用“eewdata”和“eqrdata”主题分别推送/接收地震预警数据和地震速报数据。两个主题的数据格式均采用 JSON 数据格式。地震预警数据包括发震时刻、震中经度、震中纬度、震中地名、震级和消息发送时刻等信息;地震速报数据包括自动/人工速报标识、震中地名、震中经度、震中纬度、震级、震源深度和发震时刻等信息。

2.3 预警时间和预估烈度

2.3.1 预警时间计算方法

本文采用的预警时间计算方法如图 3 所示。

设 t_w 为用户所在位置的预警时间, T_s 为 S 波到达用户所在位置的时刻, T_2 为预警应用接收到预警数据的时刻(由预警应用即时获取), T_0 为地震发生时刻(由预警数据提供), Distance 为用户所

在位置到震中的距离(用户所在位置信息由预警应用获取,震中位置由预警数据提供,根据球面两点间距公式计算得出), V_s 为 S 波传播速度 (3.55 km/s)。假设服务器时间与终端系统时间均与因特网时间同步,预警时间计算公式如下所示:

$$t_w = T_s - T_2 = (T_0 + \frac{\text{Distance}}{V_s}) - T_2 \quad (1)$$

2.3.2 用户所在地预估烈度计算方法

本文所使用的预估烈度计算方法如(2)所示。设 m 为震级(由预警数据提供), Intensity 为用户所在地预估烈度。

$$\text{Intensity} = \frac{3.2}{2.0} * (m - 1.0) - 4.0 * \log(\frac{\text{Distance}}{10} + 1.0) \quad (2)$$

2.4 安卓手机地震预警应用模块设计

安卓手机地震预警应用模块包括核心功能模块和辅助模块,核心功能模块包括连接模块、数

据接收处理模块、信息展示模块；辅助模块包括数据库模块、定位模块、应用参数设置模块、地图模块、科普模块。本文主要介绍核心功能模块。

2.4.1 连接模块

预警应用通过 MQTT 协议连接 MessageSight 服务器，并订阅 eewdata 和 eqrdata 两个主题。应用安卓 Service 类在后台维持预警应用与 MessageSight 服务器的连接，包括断线重连等。

2.4.2 数据接收处理模块

当接收到 MessageSight 推送的数据包时，数据接收处理模块先提取主题名字，再从数据中提取各个参数值，生成可读性文本，对于地震预警，还需要计算用户所在地到震中的距离、预警时间和预估烈度，再激活相应的信息展示模块。

2.4.3 信息展示模块

信息展示模块有文本展示和地图展示，主要介绍文本展示部分。当接收到 eewdata 主题的信息时，将激活预警框。预警框中包含的信息有避震建议、预警倒计时、地震三要素、用户所在地预估烈度和与震中的距离，如图 4 所示；接收到 eqrdata 主题的信息时，将弹出速报通知。速报通知包含的信息有地震三要素、震中经纬度和震源深度，如图 5 所示。

每一条接收到的信息将以列表的形式展示，用户进入程序后可浏览信息。预警历史记录包含的信息有地震三要素、预警数据推送时刻和预警应用接收时刻，如图 6 所示。地震速报记录包含的信息有地震三要素、人工/自动速报标签、震源深度，如图 7 所示（“[测试]” 标签表示该条信息

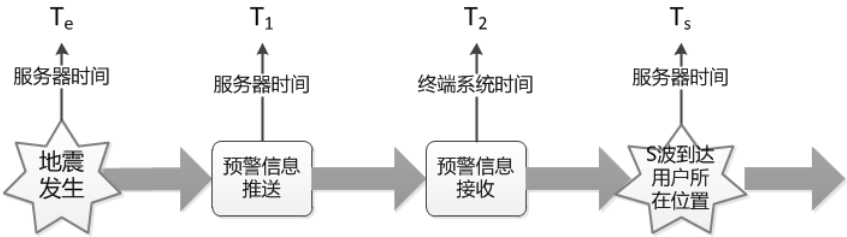


图 3 预警时间计算示意图

Fig.3 The schematic diagram of EEW time calculation



图 4 预警框示例

Fig.4 EEW alert example



图 5 速报通知示例

Fig.5 EQR notification example

地震预警

设置

地震速报

预警历史

5.6

厦门[测试]

发震时刻: 2016-06-24 18:46:24

推送时刻: 2016-06-24 18:46:32

接收时刻: 2016-06-24 18:46:32

5.9

福州[测试]

发震时刻: 2016-06-24 18:45:49

推送时刻: 2016-06-24 18:45:57

接收时刻: 2016-06-24 18:45:58

4.2

泉州[测试]

发震时刻: 2016-06-24 18:45:44

推送时刻: 2016-06-24 18:45:55

接收时刻: 2016-06-24 18:45:56

3.3

三明[测试]

发震时刻: 2016-06-24 18:45:44

推送时刻: 2016-06-24 18:45:53

接收时刻: 2016-06-24 18:45:54

3.3

莆田[测试]

发震时刻: 2016-06-24 18:45:41

推送时刻: 2016-06-24 18:45:51

接收时刻: 2016-06-24 18:45:52

记录

定位

红圈

图 6 预警列表

Fig.6 EEW list

地震预警

设置

地震速报

预警历史

厦门[人工][测试]

5.7

地理位置: 东经 118.09° 北纬 24.47°

发震时刻: 2016-06-24 11:25:57

震源深度: 29.3公里

南平[自动][测试]

4.9

地理位置: 东经 118.17° 北纬 26.66°

发震时刻: 2016-06-24 11:24:09

震源深度: 19.1公里

漳州[自动][测试]

6.3

地理位置: 东经 117.66° 北纬 24.52°

发震时刻: 2016-06-24 11:23:54

震源深度: 22.7公里

宁德[人工][测试]

5.6

地理位置: 东经 119.53° 北纬 26.65°

发震时刻: 2016-06-24 11:24:15

震源深度: 14.5公里

泉州[人工][测试]

4.9

地理位置: 东经 118.58° 北纬 24.9°

发震时刻: 2016-06-24 11:03:28

震源深度: 10.4公里

首页

定位

文件夹

图 7 速报列表

Fig.7 EQR list

是测试数据。)

3 测试评估

3.1 测试环境配置

3.1.1 测试服务器

测试服务器的操作系统是 Windows Server 2008 R2 Enterprise x64, MessageSight 所在虚拟机分配内存 4GB。

3.1.2 测试用安卓真机

本文使用华为 P6-T00(移动版)进行真机测试。该手机的基本参数是: 安卓版本 4.4.2, 系统版本号 Emotion 系统 2.0, RAM 2.0GB, 四核 1.5 GHz 处理器。

3.1.3 测试用电脑

本文使用联想 T440 模拟批量客户端测试。该电脑的基本参数是: Intel Core i5 -4200U @ 1.6GHz, RAM 4.00GB, Windows 7 专业版 SP1 x 64。

3.2 测试方案及结果

(1) 将安卓程序封装成安装程序(.apk 文件), 在华手机上安装运行。

(2) 联想 T440 模拟 99 个预警信息接收客户端。

(3) 内网测试: 100 个客户端通过局域网同时连接上处在同一网络的 MessageSight, 发送端测试程序向 MessageSight 发布一条预警信息, 分别在 MessageSight 连接负载数为 1 000、2 000、3 000、

4 000、5 000 个的情况下, 统计 100 个客户端接收到预警信息的时刻, 计算与发送时刻之间的时间差(即耗时)并分析。

(4) 外网测试: 100 个客户端通过因特网同时连接上 MessageSight, 发送端测试程序向 MessageSight 发布一条预警信息, 分别在 MessageSight 连接负载数为 1 000、2 000、3 000、4 000、5 000 个的情况下, 统计 100 个客户端接收到预警信息的时刻, 计算与发送时刻之间的时间差(耗时)并分析。

(5) 测试结果: 内网、外网测试结果分别如图 8、图 9 所示。基于此次测试, 可以得出以下结论:

①在两种网络环境下, 平均耗时均随着服务器连接负载量的增多而增高, 但均不超过 0.5 s。

②在内网环境下, 数据接收耗时受服务器连接负载量影响大; 在外网环境下, 数据接收耗时受网络传输影响大。

4 结语

本文基于 MQTT 协议研发了安卓手机地震预警应用。该应用可实时接收消息代理服务器 (IBM MessageSight) 推送的地震预警数据和地震速报数据并进行相应的操作。模拟测试结果显示在网络较为稳定的情况下, 接收服务器推送数据的平均耗时在 0.5 s 以内, 可以满足地震预警对时效性的要求。MQTT 协议提供的轻量级信息传递、低能耗也可以满足手机应用在数据流量、电池续航等方面

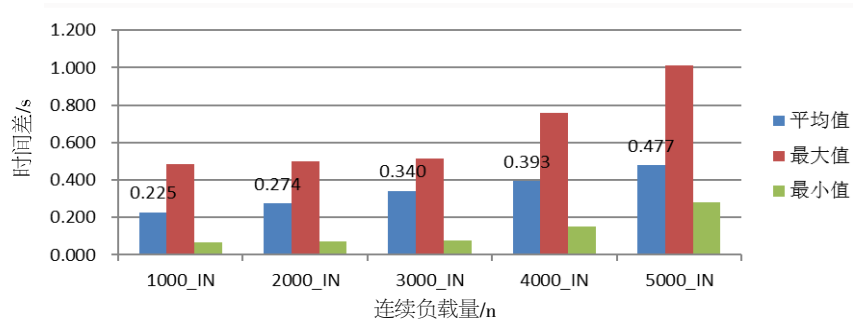


图 8 内网测试结果
Fig.8 Intranet experiment results

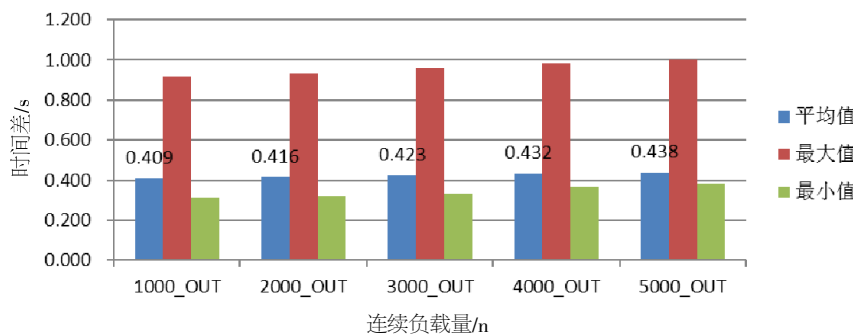


图 9 外网测试结果
Fig.9 External experiment results

的要求。

由于硬件条件的限制，本文无法实现更大样本数量的评估测试，将在后续的研究工作中进行

更全面的评估测试和程序优化。

参考文献：

[1] 王 挺,陈修吾,叶佳宁. 基于自动地震速报的地震应急基础信息快速提取模块的研究与实现[J]. 华南地震, 2016,36(1):16-23.

[1] 黄文辉,沈玉松,吕作勇,等. 地震超快速报系统试运行结果评估[J]. 华南地震,2016,36(4):1-7.

[3] 徐晶, 许炜. 消息中间件综述 [J]. 计算机工程,2005,31(16):73-76.