

RabbitMQ 在气象通信系统中的应用研究

余永城, 翁秋华, 段 卿, 袁 伟
(福建省气象信息中心, 福建 福州 350001)

摘 要:随着现代气象自动观测技术的迅速发展,气象资料的数量及类型都大大增加。重要的气象观测资料产生的频次已经提升到了分钟级,传输的时效也要求提高到秒级。目前的气象通信系统 1.0 版本是基于传统的 TCP/IP 协议的 FTP 文件传输方式,已无法满足大数量、高频次、多种类的观测数据高时效传输。为满足现有业务的需求,设计了基于 RabbitMQ 消息通信传输模式的气象通信系统 2.0 版。着重研究 RabbitMQ 消息队列技术在气象通信系统中的应用,包含消息中间件技术、消息传输架构设计、观测数据消息封装、高时效高可靠设计、交换控制策略设计等。应用结果表明,基于 RabbitMQ 技术开发的气象通信系统运行稳定,96% 的气象观测数据能够在 2 秒内完成从台站到国家级的传输,并且在 10 秒内完成全部数据的传输,通过交换控制策略将数据及时转发给业务单位使用,大幅提升了气象数据的传输时效性和服务能力。

关键词:RabbitMQ;消息队列;消息封装;交换控制

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)04-0216-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.04.041

Research on Application of RabbitMQ in Meteorological Communication System

YU Yong-cheng, WENG Qiu-hua, DUAN Qing, YUAN Wei
(Fujian Meteorological Information Center, Fuzhou 350001, China)

Abstract: With the rapid development of modern meteorological automatic observation technology, the numbers and types of meteorological data have greatly increased. The frequency of important meteorological observation data has been raised to minute level, and the transmission timeliness has also been required to reach the second level. The existing version 1.0 of meteorological communication system is based on the traditional TCP/IP protocol FTP file transmission mode, which cannot meet the high-efficiency transmission of large quantity, high frequency and various types of observation data. In order to meet the needs of existing services, the version 2.0 of meteorological communication system is designed based on RabbitMQ message communication transmission mode. The application of RabbitMQ message queue technology in meteorological communication system is studied, including message middleware technology, message transmission architecture design, observation data message encapsulation, high-efficiency and high-reliability design, exchange control strategy design, etc. The application results show that the meteorological communication system based on RabbitMQ Technology operates stably, 96% of meteorological observations can be transmitted within 2 seconds from the station to the National Bureau, and all of the data can be transmitted within 10 seconds, and forwarded to other units in time for their uses, greatly improving the transmission timeliness and service capabilities of meteorological data.

Key words: RabbitMQ; message queue; message encapsulation; exchange control

0 引言

气象通信系统是承担气象观测数据从台站生成—省级—国家级的收集、处理、分发的一套业务系统^[1-2]。现有的气象通信系统 1.0 版本是基于传统的 FTP 文件传输方式进行观测数据的收集处理的,因为

是文件级的传输,需要在服务器上落盘处理,因此对服务器磁盘的 I/O 性能要求比较高。同时,基于 TCP/IP 协议的 FTP 文件传输方式存在诸如效率低下和数据传输模式不合理等问题。随着现代气象自动观测技术的迅速发展,气象资料的数量及类型都大大增加。重

收稿日期:2019-05-13

修回日期:2019-09-16

网络出版时间:2019-12-18

基金项目:福建省气象业务科技专项基金(2019Y01)

作者简介:余永城(1985-),男,硕士,工程师,研究方向为电子信息、计算机技术。

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20191218.1112.036.html>

要的气象观测资料产生的频次已经提升到了分钟级,传输的时效也提高到了秒级。目前的气象通信系统 1.0 版本已无法满足大数量、高频次、多种类的观测数据高时效传输。因此如何快速地将观测数据通过气象通信系统传输到省级和国家级是很关键的。

RabbitMQ 消息队列技术支持多种客户端,非常适合在分布式计算系统消息存储转发的场景中使用^[3]。RabbitMQ 采用 Socket 传输协议,服务器端支持队列持久化,可以有效保证各个传输环节中数据的完整性^[4],同时 RabbitMQ 提供路由控制转发功能符合气象数据传输的业务需求。通过对 RabbitMQ 消息队列技术在气象通信系统中的应用研究,设计开发了基于消息通信传输模式的气象通信系统 2.0 版本。

1 消息队列技术

1.1 消息中间件

消息是消息队列中的最小单元,实质上是一段可由一个或多个应用程序理解的数据^[5-7],一般作为多个应用程序之间的信息传输载体。消息队列(message queue),也即消息中间件,具有流量控制、低耦合、广播、高效、可靠投递、一致性等功能。消息队列通过其高可靠的传递机制可进行和平台无关的数据交换^[8-11]。消息队列技术正逐渐成为各行业通信系统中广泛使用的核心技术,目前市面上有很多主流消息队列中间件,如 ActiveMQ, RabbitMQ, Kafka, RocketMQ 等。

消息中间件常见的有两种传递方式:点对点(Point-to-Point)方式和发布/订阅(Pub/Sub)方式^[12]。Point-to-Point 方式是基于队列的。发布者将

消息发布到队列中,消息订阅者从队列中获取消息。由于队列的这种点对点传递机制,使得消息具备异步传输的功能。Pub/Sub 方式定义了向一个主题(Topic)发布消息还是订阅消息。在消息传递的过程中,主题作为传输介质,消息发布者和订阅者都要依靠主题进行,发布者将消息发布到主题中,订阅者则订阅来自主题中的消息。

1.2 RabbitMQ

高级消息队列协议(advanced message queuing protocol, AMQP)是一个面向消息的中间件设计的应用层协议开放标准^[13]。无论客户端/中间件不同的产品,不同的开发语言等,只要基于此协议的客户端和消息中间件都可进行消息的传递。主要特点是面向消息、队列、路由、可靠、安全^[14-15]。RabbitMQ 是一个开源的 AMQP 的标准实现,支持多种语言的客户端,非常适合在分布式系统消息存储转发的场景中使用。RabbitMQ 消息队列采用 Socket 传输协议,服务端支持消息队列的持久性,可以有效保证各个环节流通过程的观测数据完整性。同时,RabbitMQ 提供灵活的路由控制转发功能,符合气象数据传输的业务需求。

RabbitMQ 服务端主要由主题(Topic)和队列(Queue)组成。客户端通常有两种类型:发布者(Producer)和消费者(Consumer)。主题负责接收消息和路由键值(Routing-Key)信息,然后根据路由键值信息将消息分配给消息队列。RabbitMQ 消息传输模式如图 1 所示。首先,消息发布者 P 向主题 X 发送带有路由键值 R.# 的消息。然后,服务端会根据路由键值信息将消息转发到相应的队列 Q 中。最后,消费者 C 就可以从队列 Q 中获取相应的消息进行消费。

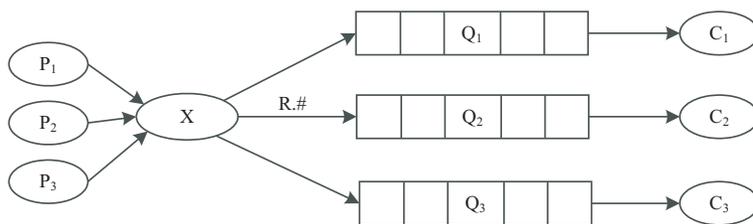


图 1 RabbitMQ 消息传输模式

2 RabbitMQ 在气象通信系统中的应用

2.1 气象观测资料

随着自动观测技术的快速发展,气象观测资料产生的频次已经提升到了分钟级。表 1 所示为部分的气象观测资料类型和它的数据传输频次,每种资料大小都在 200 字节以上,有些可以达到几 KB,甚至几 MB。传统 TCP/IP 协议的 FTP 文件传输方式已经无法满足这么高的传输频次和海量观测数据的传输需要,而且频繁的文件读写,会大大影响服务器的整体性能。

表 1 部分气象观测资料类型

序号	资料类型	资料大小	传输频次
1	地面分钟观测资料	519	每分钟
2	地面小时观测资料	1 095	每小时
3	区域站分钟观测资料	518	每分钟
4	区域站小时观测资料	1 036	每小时
5	辐射分钟观测资料	400	每分钟
6	辐射小时观测资料	384	每小时
7	自动站运行状态	10 455	每分钟

续表 1

序号	资料类型	资料大小	传输频次
8	酸雨日观测资料	226	每日
9	雨滴谱数据	15 455	5 分钟
10	高空观测数据	705	1 天 2 次

为了解决观测资料传输频次和海量数据的传输问题,使用 RabbitMQ 消息队列技术进行数据的传输。不仅可以保证传输的可靠性,还可以大大提高从台站到省到国家的数据传输的及时性。而且,在整个过程中,不会生成文件,这也会减少磁盘的读写。

2.2 消息传输架构设计

基于 RabbitMQ 消息中间件技术开发的气象通信系统,包含消息传输客户端,省级消息传输服务端和国家级消息传输服务端三大部分。其中,消息传输客户端安装在地面气象观测站,消息传输服务端分别部署在省级消息服务器和国家级消息服务器。气象观测数据消息传输流程如图 2 所示,观测台站通过消息传输客户端将 ISOS 软件观测到数据以消息的方式传给省级下消息服务端,省级消息服务端通过配置 shovel 插件,将消息数据转发到国家级的消息传输服务端。

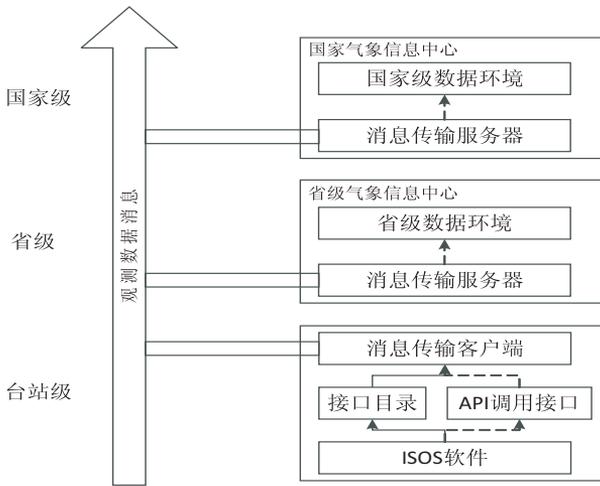


图 2 气象观测数据的消息传输流程

2.3 数据消息封装

通过研究 RabbitMQ 消息队列技术,结合气象观测数据的特点,利用消息中间件传输观测数据,有必要设计传输过程中的数据格式,即数据消息封装。文中制定了一种气象数据的消息传输格式,它包括消息头(Message Header)和消息体(Message Body)。消息头以键值对的形式存放消息属性,消息体则以字符串的形式存放报文信息。消息头和消息体封装成消息,然后发送到消息队列中。在消息传输过程中,不需要对报文进行解码,通过读取消息头中的消息属性就可以对需要监视的信息进行提取,减少了传输过程中的处理成本。

根据气象数据的特点,消息属性的详细设计如表 2 所示。为了排查重复发送的报文,将随机 UUID 添加到消息属性设计中作为消息传输的唯一标识符;消息属性里应包含消息发布者和消息接收者信息,通过读取属性,就可以知道消息的转发方式;气象数据在各个传输环节中,需要加以监视,因此消息属性中应该包含消息发送时间、站号、气象资料四级编码、观测时间等监视信息等。

表 2 观测数据消息属性

序号	属性	说明
1	UUID	消息传输唯一标识
2	DataID	用户系统中的唯一标识
3	Type	气象资料四级编码
4	Length	消息正文长度
5	Priority	优先级
6	SendTime	调用接口时间
7	Sender	发送者
8	MQ_SendTime	消息发送时间
9	Filename	文件名称
10	IIII	站号
11	OBSTime	观测时间
12	CCCC	省级代码
13	Receiver	接收者
14	lifeCycle	消息生存时间
15	checksum (MD5)	校验码
16	version	版本
17	BBB	更正标识
18	aux_length	附加的信息长度
19	Ticket	本地处理标识
20	filePath	文件路径
21	TaskState	任务状态

2.4 高时效高可靠设计

气象数据传输具有高度的时间敏感性,特别是对于国家级考核的资料要求的时效性更高。为了保证地面标准格式(BUFR)数据的秒级传输,设计了 RabbitMQ 多机多节点的集群部署模式,如图 3 所示。台站通过消息发送客户端将消息发送到省级服务端,省级服务端通过 HA-Proxy 负载均衡技术将消息转发给国家级服务端。HA-Proxy 是一款高可用性、负载均衡以及基于四层 TCP 和七层 HTTP 应用的代理软件,它可以支持数以万计的并发连接^[16]。

图 4 为多次模拟 RabbitMQ 双机多节点(1~8 节点)部署模式下,大批量消息数据从台站生成到国家级接收的实际用时情况。从传输时效性曲线图中可以得出结论:相同的测试环境下,不管是双机单节点、双

机双节点还是双机 8 节点,87% 以上的消息数据都能在 1 秒内完成台站到国家级的传输,96% 以上的数据都在 2 秒内完成传输,全部的数据都能在 10 秒内完成传输。从气象资料时效性和服务器性能方面综合考

虑,决定在省级部署两台消息服务器,每台服务器上部署八个 RMQ 节点,就可实现气象观测数据的秒级传输。

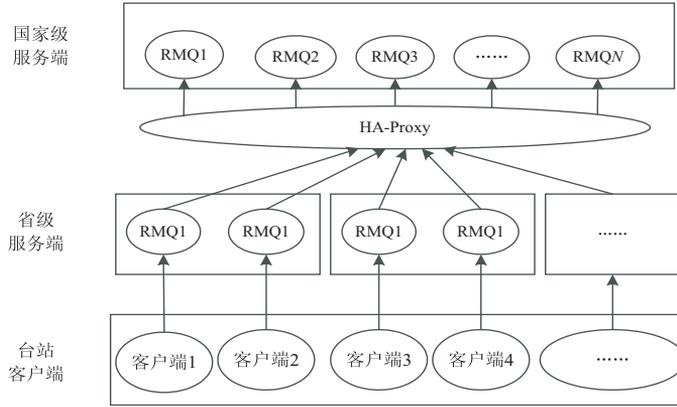


图 3 RabbitMQ 多机多节点集群部署模式

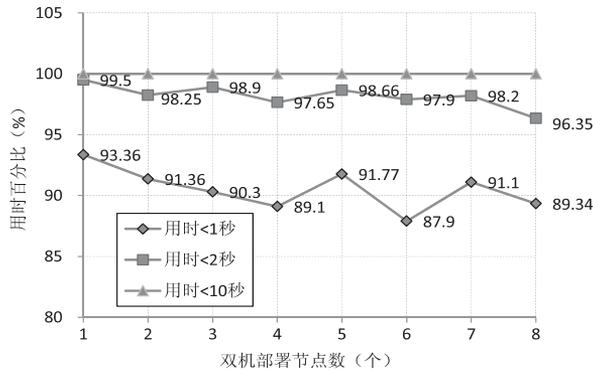


图 4 双机多节点传输时效性测试结果

从实验结果可以看出,RabbitMQ 多机多节点集群模式可以大幅度提升消息传输效率。不但如此,多机多节点的集群模式允许消息发布者与消费者在某个 RMQ 节点意外宕机的情况下继续保持运行,当 RMQ 节点在集群中宕机后,消息传输客户端可以重新链接到集群中的其它节点继续进行消息的传输。另外,为了增加消息传输的可靠性,采用了消息发布确认和消息接收确认模式。发布确认可以有效确保消息传输到了消息服务器,假如超过规定的时间,消息还没有抵达到指定服务器,就会返回发送超时的错误代码,当客户端收到该错误代码后,会试着再一次发送;接收确认的原理是:在消息消费者获取消息之后,并没有马上把消息删除,而是将消息标识为 Unacked 状态,直到收到消费者消费完消息返回 ack 指令后,才会从队列中删除消息,从而保证消息的完整,不丢失。

2.5 交换控制策略设计

消息队列交换控制策略主要依赖于 RabbitMQ 的两个核心组件:主题 Topic 和队列 Queue。在消息发布者将消息发布到主题之后,服务端根据消息中携带的路由键值对主题中的消息进行交换控制。也就是说,

将含有某些特定标识符的路由键值信息捆绑到某一个队列当中,消息订阅者就可以从相应的队列中获取该消息。

为了满足气象观测数据的业务需要,研究并制定了基于 RabbitMQ 的气象观测数据消息传输控制策略。消息按照主题方式发送,每个主题代表一种气象观测资料。例如,国家地面自动站数据,台站通过消息传输客户端向省级主题 X.OBS 中发送消息;消息以队列方式接收,对列名需要包含接收者的名称,明确指定由谁来消费消息。例如,消息发给国家级,它的队列名就是 Q.OBS.TO.BABJ;从消息主题到消息队列的转发过程由路由键值来控制,路由键值名称以“R.”开头,键值名一般包含消息的发送者、级别、资料类型、资料编码等。

以国家级地面气象自动站消息传输为例,其交换控制策略如图 5 所示。台站 ISOS 软件观测到的数据通过消息传输客户端以消息的形式发送给省级主题 X.OBS,然后通过路由键值 R.#将消息存到消息队列中 Q.OBS.TO.BABJ、Q.OBS.TO.Server、Q.OBS.Monitor,最后通过 Shovel 将其转发到国家级消息服务

器和省级 MDOS, CIMISS 和 Monitor 用户。

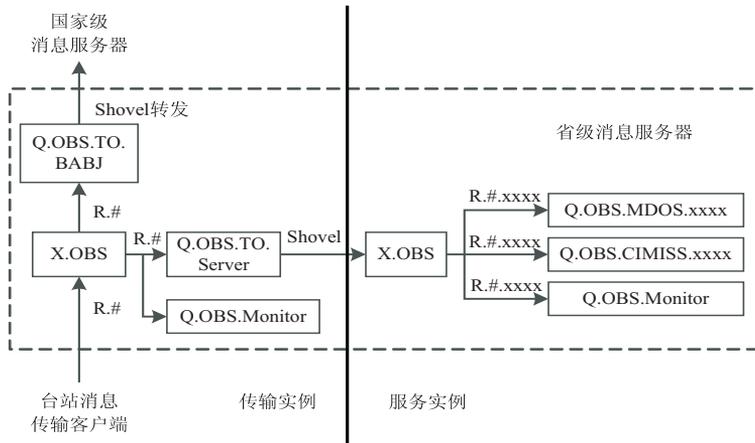


图 5 地面自动站消息传输控制策略

3 结束语

通过对 RabbitMQ 消息队列技术在气象通信系统中的应用研究,设计开发了基于消息通信传输模式的气象通信系统 2.0 版本,2018 年 12 月已经在全国各省和台站部署相关的应用并业务运行。通过两个月观测数据的传输情况分析得到:系统运行稳定,96% 的气象观测数据能够在 2 秒内完成从台站到国家级的传输,并且在 10 秒内完成全部数据的传输。同时,系统通过消息交换控制策略将观测数据及时转发到 MDOS、CIMISS、MICAPS 等气象业务系统中供业务单位使用。业务应用结果表明,基于 RabbitMQ 技术的气象通信系统,可以满足大数量、高频次、多种类气象观测数据的高时效、高可靠传输,大幅提升了气象数据的传输时效性和服务能力。

参考文献:

- [1] 李 湘. 气象通信系统发展与展望[J]. 气象, 2010, 36(7): 56-61.
- [2] 熊安元, 赵 芳, 王 颖, 等. 全国综合气象信息共享系统的设计与实现[J]. 应用气象学报, 2015, 26(4): 500-512.
- [3] 李翠姣. 基于消息队列的分布式系统数据传输优化技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2015.
- [4] 张来恩, 王 鹏, 韩鑫强. CTS2.0 消息封装及交换控制策略设计及实践[J]. 气象科技进展, 2018, 8(1): 271-273.
- [5] 刘 超. 基于 MQ 中间件的民航气象信息通信系统的研究与设计[D]. 郑州: 河南大学, 2013.

- [6] IONESCU V M. The analysis of the performance of Rabbit MQ and Active MQ[C]//2015 14th RoEduNet international conference-networking in education and research. [s. l.]: [s. n.], 2015: 132-137.
- [7] 王恩文. 消息队列技术在气象软件系统中的应用[J]. 气象科技进展, 2018, 8(6): 167-171.
- [8] 汤志凤. 分布式应用环境下中间件技术探讨与应用[D]. 成都: 电子科技大学, 2003.
- [9] BERNSTEIN P A. Middleware[J]. Communications of the ACM, 1996(2): 86-98.
- [10] 付建丹, 熊选东, 张亮忠, 等. 基于 AMQP 消息中间件的主动状态证书撤销机制实现[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(5): 1918-1921.
- [11] ROSTANSKI M, GROCHLA K, SEMAN A. Evaluation of highly available and fault-tolerant middleware clustered architectures using RabbitMQ[C]//Computer science and information systems. [s. l.]: [s. n.], 2014: 879-884.
- [12] EUGSTER P, FELBER P, GUERRAOUI R, et al. The many faces of publish/subscribe[J]. ACM Computing Surveys, 2003, 35(2): 114-131.
- [13] 鱼朝伟, 詹舒波. 基于 RabbitMQ 的异步全双工消息总线的实现[J]. 软件, 2016(2): 139-146.
- [14] 马 巍, 武欣嵘, 郑 翔, 等. RabbitMQ 在实时监控系统中的应用[J]. 军事通信技术, 2017, 38(1): 82-85.
- [15] 王 力, 韩 笑, 刘培宁, 等. 基于 MQ 的气象数据采集与监控系统设计[J]. 气象科技, 2015, 43(3): 451-457.
- [16] 杨 昌, 王 松, 田 林, 等. 基于 HAProxy 的负载均衡选课系统应用研究[J]. 楚雄师范学院学报, 2013, 28(6): 22-28.