



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109995800 A
(43)申请公布日 2019.07.09

(21)申请号 201711472208.3

(22)申请日 2017.12.29

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114号

(72)发明人 刘金娣 李栋 俞雪婷 曾鹏
于海斌

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 王倩

(51)Int.Cl.
H04L 29/08(2006.01)

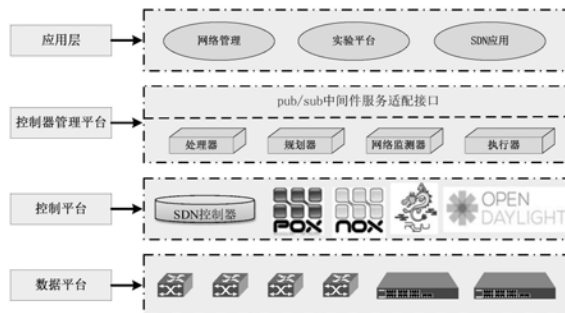
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务系统和方法

(57)摘要

本发明提供了一种面向SDN网络中动态实时应用的pub/sub中间件系统和方法。本发明针对新一代工业网络场景中的实时应用,在SDN架构上搭建了基于多种消息模式的混合pub/sub中间件服务,将不同种实时应用对应的QoS参数映射到SDN的L2/L3层中,实现新一代工业SDN网络的实时性保障机制。当网络中存在多种消息模式的pub/sub中间件时,本发明需要为不同的pub/sub中间件提供通用的接口,因此在SDN控制器之上的控制器管理平台上扩展了pub/sub中间件服务适配接口。本发明中采用的QoS映射方法是一种基于非独立QoS参数捕获机制,即在控制器管理平台上扩展QoS参数分析功能模块,利用该模块与网络通信,以提供应用的QoS信息来优化和重新配置L2/L3层的网络拓扑。



1. 面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务系统,其特征在於,在基于SDN的工业网络架构上搭建基于混合pub/sub的中间件服务:

在SDN控制器之上扩展控制器管理平台,通过pub/sub中间件服务适配接口将工业场景中不同的实时应用映射到SDN的L2/L3层中。

2. 根据权利要求1所述面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务系统,其特征在於,所述混合pub/sub中间件服务模型分类包括:

基于主题的模式,消息按主题构成组,即订阅者声明对某主题感兴趣,并且接收该主题的所有事件,每个主题对应于一个逻辑通道;

基于内容的模式,订阅者根据其想要接收的消息中包含设定的内容来表达感兴趣程度,订阅约束条件依赖于属性类型和订阅语言。

3. 根据权利要求1所述的面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务系统,其特征在於,所述控制器管理平台包括:

处理器:用于连接应用,通过pub/sub中间件服务适配接口映射不同应用的QoS需求,并将该需求传递到规划器中;

网络监测器:用于使用SDN控制器北向接口来收集网络底层信息,同时负责激活流的监测数据;

规划器:用于根据网络监测器获得的监测数据,得出网络资源的最优集合,同时满足数据流的QoS请求;

执行器:用于将规划器计算出的结果应用到网络中,即通过控制器北向接口API来执行openflow协议的相应规则,配置交换机;

Pub/sub中间件服务适配接口:用于连接应用和处理器的通用接口,为不同pub/sub中间件服务提供通用的接口。

4. 根据权利要求3所述的面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务系统,其特征在於,规划器执行以下步骤:

在保障延时需求的前提下,在汇聚节点将数据流拆分成点到多点的流,通过整形流速率或者负载均衡流量到不同的路径上,得到网络资源的最优集合,该集合包括用于完成此次pub/sub中间件服务的各节点及其构成的网络链路、路由路径,为不同应用提供合适的发布速率完成订阅端的需求。

5. 面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务方法,其特征在於,在SDN控制器之上扩展控制器管理平台,通过pub/sub中间件服务适配接口将工业场景中不同的实时应用映射到SDN的L2/L3层中。

6. 根据权利要求5所述的面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务方法,其特征在於,所述通过pub/sub中间件服务适配接口将工业场景中不同的实时应用映射到SDN的L2/L3层中包括以下步骤:

步骤1:当应用层的应用启动时,相当于注册了一个订阅请求,该请求通过pub/sub中间件服务适配接口下发到控制器管理平台;

步骤2:控制器管理平台中的处理器将QoS参数解析为能够被SDN网络架构实现的消息命令;

步骤3:该消息命令传送到规划器中,规划器在满足QoS需求的前提下,根据网络监控器

提供的监测数据得到网络资源的最优集合；

步骤4：规划器将该网络资源最优集合传输到执行器，执行器通过北向接口下发流表到openflow交换机中。

7. 根据权利要求6所述的面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务系统，其特征在于，QoS参数包括：

传输误差：误码率、误包率、丢包率、前向纠错；

传输延迟：端到端延迟、抖动、排队延迟、首个数据包到达时延；

传输吞吐量：带宽、包传输成功率。

面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业网络实时应用领域,具体的说是一种面向SDN架构的中间件服务系统和方法。

背景技术

[0002] 随着控制、通信、计算机等技术的飞速发展,工业应用场景也呈现出以网络为中心的趋势,工业网络对通信的实时性、灵活性、动态性都提出了更高的要求。工业场景中的状态推送等应用要求各参与者间松散耦合,现有的pub/sub中间件能够提供松耦合的通信模式,但却缺乏合适的系统控制和应用级QoS支持。因此,急需构建一种能够满足新一代工业网络QoS需求的系统和方法来满足动态实时应用需求。

[0003] 动态实时应用的本质是对底层通信系统和通信网络的挑战,这就增加了对网络可扩展性和支持高QoS特性的挑战。当关注的焦点是网络资源利用率时,网络就必须足够灵活来实现针对网络应用变化的重新规划。当前的方法主要是基于静态的专用网络或覆盖网,这使得按需设置网络性能很困难。软件定义网络SDN的出现为解决上述问题提供了新的方法,其灵活的组网特点能够实现细粒度按需动态网络规划。因此,SDN能够有效地支撑工业动态实时应用,同时保证网络资源利用率很高。

[0004] 本发明主要目的是提出一种结合pub/sub中间件和基于openflow协议的SDN架构的服务系统以支持工业动态实时应用。该系统支持混合pub/sub中间件服务,通过通用接口屏蔽不同中间件的差异。本发明中将不同种实时应用对应的QoS参数映射到SDN的L2/L3层中,实现新一代工业SDN网络的实时性保障机制。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的是针对新一代工业网络中的动态实时应用,提出一种面向工业SDN网络的混合中间件服务系统和方法,解决传统的pub/sub中间件只提供“尽力而为”的数据转发服务问题,以及如何将不同实时应用对应的QoS参数映射到SDN的L2/L3层的问题,以实现基于SDN架构的工业网络应用的实时性需求。

[0006] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种面向SDN网络中动态实时应用的pub/sub中间件系统和方法,包括:

[0007] 在基于SDN的工业网络架构上搭建基于混合pub/sub的中间件服务,在SDN控制器之上扩展控制器管理平台,该平台包括处理模块、规划模块、网络监测模块和执行模块,以及pub/sub中间件服务适配接口;并通过该适配接口将工业场景中不同的实时应用映射到SDN的L2/L3层中。

[0008] 所述的混合pub/sub中间件消息服务模型分类包括:

[0009] (1) 基于主题模型(topic-based model),消息按主题构成组,即订阅者声明对特定主题感兴趣,并且接收与该主题相关的所有事件,每个主题对应于一个逻辑通道;

[0010] (2) 基于内容的模型(content-based model),订阅者根据其想要接收的消息中包

含设定的内容来表达感兴趣程度,订阅约束条件依赖于属性类型和订阅语言。

[0011] 所述的控制器管理平台包括:

[0012] (1) 处理器:处理器与应用相连,通过pub/sub中间件服务适配接口来映射不同应用的QoS需求,并将该需求传递到规划器中;

[0013] (2) 网络监测器:网络监测器使用SDN控制器北向接口来收集网络底层信息,包括网络拓扑及网络容量等,同时负责激活流的测量值,如速率、计数器等;

[0014] (3) 规划器:基于网络监测器获得的监测数据,规划器计算出网络资源的最优集合,同时必须满足数据流的QoS请求;

[0015] (4) 执行器:将规划器计算出的结果应用到网络中,主要是通过控制器北向接口API来执行openflow协议的相关规则,通过OF-Config来配置交换机;

[0016] (5) Pub/sub中间件服务适配接口:是用于连接应用和处理器的通用接口,为不同pub/sub中间件服务提供通用的接口。

[0017] 规划器优化方法包括:

[0018] 在保障延时需求的前提下,最优化包括在汇聚节点拆分点到多点的流,通过流量整形(限制流出某一网络的某一连接的流量与突发)限制不同应用请求的流速率,通过负载均衡(即分摊到多个操作单元上进行执行)将数据流分配到不同的路径上,以此满足不同订阅请求的不同QoS需求。

[0019] 所述的QoS参数主要包括:

[0020] (1) 传输误差:误码率、误包率、丢包率、前向纠错;

[0021] (2) 传输延迟:端到端延迟、抖动、排队延迟、首个数据包到达时延;

[0022] (3) 传输吞吐量:带宽、包传输成功率;

[0023] SDN架构L2/L3层能够实现的动态配置包括:

[0024] (1) 基本的L2/L3层路由,包括L2/L3层包头处理,以及在充足的输出队列或端口进行排队;

[0025] (2) 流拆分,包括基于流的路径选择,动态负载均衡;

[0026] (3) 汇聚节点多播,包括软件定义网络交换机的数据复制,多节点数据复制;

[0027] (4) 自适应发送速率,给特定流/端口限定速率,丢弃、重定向或报警超过速率的流。

[0028] 将QoS参数映射到SDN的L2/L3层的方法:

[0029] 该发明中采用“非独立QoS参数捕获”机制,该方法在管理器控制器平台上扩展QoS参数捕获功能模块,将不同应用的QoS参数通过处理器、规划器、网络监测器和执行器共同作用映射到SDN网络的L2/L3层上。

[0030] QoS参数映射过程包括以下步骤:

[0031] 步骤1:当应用层的应用启动时,相当于注册了一个订阅请求,该请求将通过pub/sub中间件服务适配接口下发到控制器管理平台;

[0032] 步骤2:控制器管理平台中的处理器将QoS参数解析为能够被SDN网络架构实现的消息命令;

[0033] 步骤3:该消息命令传送到规划器中,规划器在满足QoS需求的前提下,根据网络监控器提供的网络数据计算出网络资源的最优集合;

[0034] 步骤4:规划器将该网络资源最优结合传输到执行器,执行器通过北向接口下发流表到openflow交换机中。

[0035] QoS参数在基于SDN架构的工业网络中的实现技术包括:

[0036] (1) 每个端口的队列调度:每个端口队列的优先级不同,当QoS需求高的应用请求到达时,优先进入高优先级队列进行转发,同时兼顾所以队列的使用情况;

[0037] (2) 每条流的优先级:为数据流设计优先级位,标明数据流优先级的高低,不同优先级对应不同的QoS需求。

[0038] 本发明具有以下优点及有益效果:

[0039] 1.解决了工业SDN网络中动态实时应用的QoS需求问题,实现了混合pub/sub中间件共存。

[0040] 2.本发明面向的工业SDN网络具有底层网络动态配置能力,通过pub/sub中间件将底层物理网络变化实时通知控制器及控制器管理平台。

[0041] 3.本发明提出的中间件服务系统能够隐藏底层网络的异构性,通过控制器管理平台和应用层间的通用pub/sub适配接口提供一个通用的规则架构,以同时兼容多种传输模式的中间件。

[0042] 4.通过“非独立QoS参数捕获”机制,将不同实时应用对应的QoS参数映射到SDN的L2/L3层中,通过SDN架构中的QoS机制来实现上层应用的QoS需求,以满足工业场景的实时应用需求。

附图说明

[0043] 图1为本发明的工业SDN网络架构图;

[0044] 图2为本发明的动态实时应用业务处理示意图;

[0045] 图3为本发明的QoS参数映射处理流程;

[0046] 图4为本发明的优先级队列调度示意图;

[0047] 图5为本发明的三级缓冲队列反馈调节机制;

[0048] 图6为本发明的优先级消息处理流程。

具体实施方式

[0049] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0050] 本发明提出了一种面向工业SDN网络中动态实时应用的中间件服务系统和方法,该系统结合混合pub/sub中间件和软件定义网络框架,网络架构如图1所示。该系统主要包括底层数据转发平台、控制平台、控制器管理平台和应用层。数据平台和控制平台沿用SDN网络架构,扩展的控制器管理平台用于实现工业动态实时应用的QoS策略,主要包括处理器、规划器、网络监测器、执行器和pub/sub中间件服务适配接口。Pub/sub中间件服务适配接口为混合pub/sub中间件提供统一的适配接口,隐藏中间件的异构性,便于QoS策略的实现。该系统中的控制平台支持多种SDN控制器,但控制器均需支持Openflow协议,通过流表实现数据的存储转发。

[0051] Pub/sub系统是一个广泛应用于网络中的消息中间件,该系统中的用户包括信息的发布者和信息的订阅者,而它也是一个以事件驱动框架为基础的系统。与传统的消息传

递手段相比,发布订阅系统有匿名通信、多点通信、扩展性好、安全性佳等特点。发布订阅系统的出现使系统在空间及控制上实现了完全解耦,满足了用户对于信息的可控度、灵活度等需求。

[0052] 本发明考虑的混合pub/sub中间件消息服务模型包括基于主题和基于内容两种模型:

[0053] (1) 基于主题的模型(topic-based model),消息按主题构成组,每个主题对应于一个逻辑通道。订阅者将收到其订阅的主题上的所有消息,而且同一主题的所有订阅者将接收到同样的消息。发布者负责定义订阅者可以订阅的消息类别。

[0054] (2) 基于内容的模型(content-based model),只有当消息的属性或内容匹配订阅者定义的约束条件时,消息才会被投递给该订阅者。订阅者负责对消息进行分类。

[0055] 本发明所考虑QoS参数主要包括传输误差、传输时延和吞吐量等,具体参数如下表所示:

[0056] 表1 pub/sub中间件QoS参数表

[0057]

QoS项	具体参数
传输误差	误码率、误包率、丢包率、前向纠错
传输延迟	端到端延迟、抖动、排队延迟、首个数据包到达时延
吞吐量	带宽、包传输成功率

[0058] 本发明中所述的基于SDN架构的工业SDN网络的L2/L3层能够实现的动态配置包括:

[0059] ➤基本的L2/L3层路由,包括L2/L3层包头处理,以及在充足的输出队列或端口进行排队;

[0060] ➤流拆分,包括基于流的路径选择,动态负载均衡;

[0061] ➤汇聚节点多播,包括软件定义网络交换机的数据复制,多节点数据复制;

[0062] ➤自适应发送速率,给特定流/端口限定速率,丢弃、重定向或报警超过速率的流。

[0063] 本发明在传统的SDN架构上扩展了控制器管理平台,以扩展中间件服务系统的QoS功能,该系统处理动态实时应用示意图如图2所示。应用层中的动态实时应用将不同的QoS请求通过pub/sub中间件服务适配接口下发到控制器管理平台的处理器中,处理器负责解析QoS功能,并结合网络检测器中的数据,由规划器计算出最优结果,下发到执行器,执行器通过OF-配置、SDN的北向接口和openflow协议下发流表到SDN交换机,通过流表约束数据流传输和转发的优先级和带宽资源,进而满足动态实时应用的QoS需求。

[0064] 该发明中采用“非独立QoS参数捕获”机制,该方法在管理器控制器平台上扩展QoS参数捕获功能模块,将不同应用的QoS参数通过处理器、规划器、网络监测器和执行器共同作用映射到SDN网络的L2/L3层上。参见图3,示出了控制器管理平台QoS映射机制的一个实施例的具体步骤,包括:

[0065] 步骤1:当应用层的应用启动时,相当于注册了一个订阅请求,该请求将通过pub/sub中间件服务适配接口下发到控制器管理平台;

[0066] 步骤2:控制器管理平台中的处理器将QoS参数解析为能够被SDN网络架构实现的消息命令;

[0067] 步骤3:该消息命令传送到规划器中,规划器在满足QoS需求的前提下,根据网络监控器提供的网络数据计算出网络资源的最优集合;

[0068] 步骤4:规划器将该网络资源最优结合传输到执行器,执行器通过北向接口下发流表到openflow交换机中。

[0069] 本发明所述的QoS参数在基于SDN架构的工业网络中的实现技术包括队列调度和优先级。参见图4,示出了优先级队列调度示意图。基于SDN架构的pub/sub中间件为不同类型的消息设置了不同优先级队列,并通过队列调度来处理数据包。

[0070] 在基于优先级队列调度的基础上,为了达到调整数据流量的目的,本发明使用了基于三级缓冲队列的反馈调节机制,如图5所示。缓冲队列反馈调节机制比较复杂,因为从接收队列到缓存队列、从缓存队列到发送队列之间存在许多控制参数,同时,系统也会设定队列的状态为healthy、sick等,并以此来判断队列是否阻塞。

[0071] 当队列的长度小于某一值时,队列设为healthy状态。当网络状况不好时,队列会被阻塞,导致发送队列和缓存队列的长度增加,直至超过设定好的阈值。此时,队列被置为sick状态。之后系统会启动调节机制,降低数据包放入缓存队列的速度,同时,缓存队列将从低优先级数据包开始执行丢包操作来缓解阻塞状况,直至队列返回healthy状态。若阻塞情况没有好转反而进一步恶化,则设置队列的状态为dead,这时系统会进一步加大数据包放入缓存队列的时间间隔,并强制清除低优先级队列中的数据包,以此来降低队列的阻塞,使系统转为healthy状态。

[0072] 本发明中的pub/sub中间件使用TCP协议来收发数据。在需要处理的所有消息类型中,我们设计了三个优先级,它们分别是:高优先级消息(high-priority)、中优先级消息(general-priority)、低优先级消息(low-priority)。对不同优先级消息的处理过程如图6所示。优先级消息的处理过程是针对数据缓冲区中的数据的优先级,依次处理高优先级、中优先级、低优先级和其他消息。

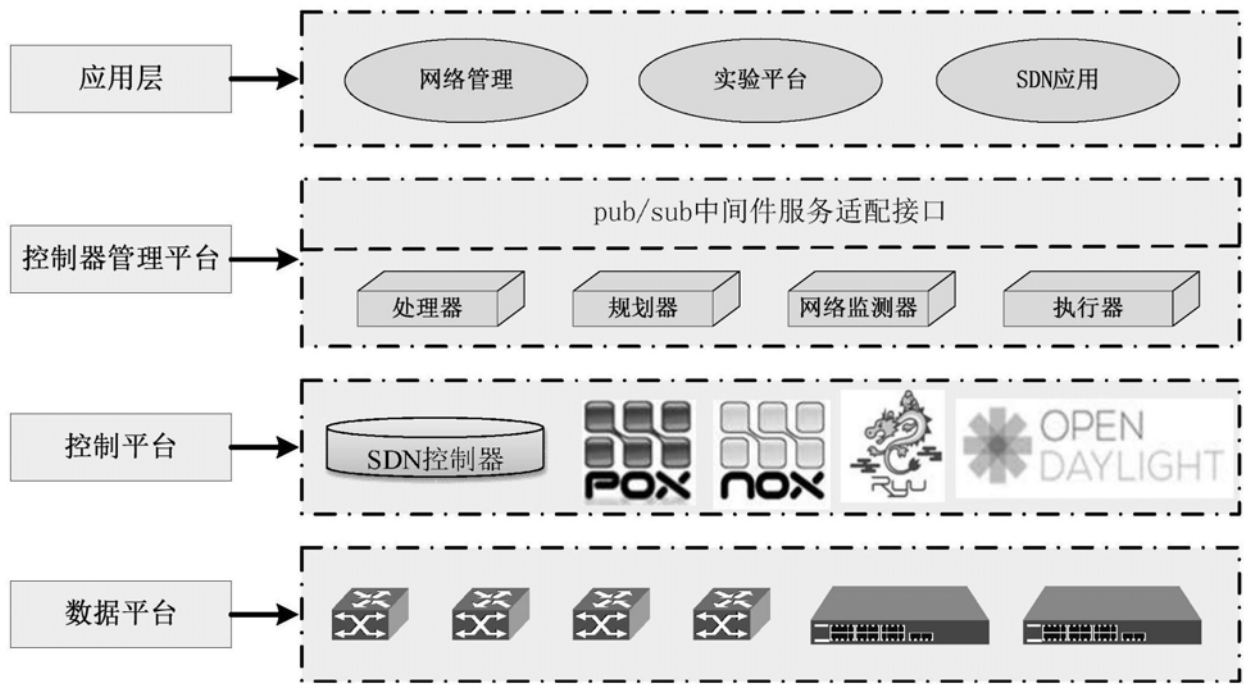


图1

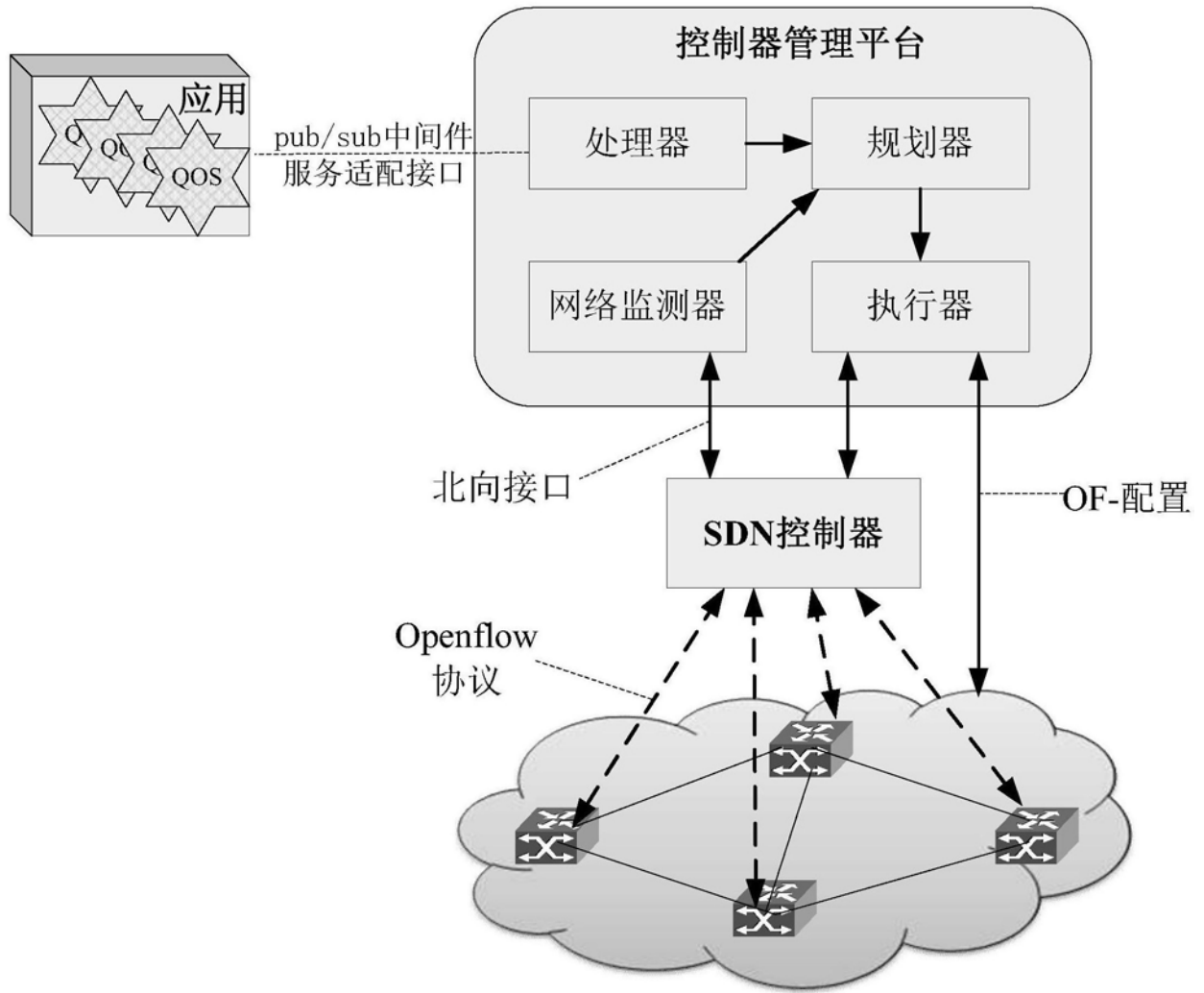


图2

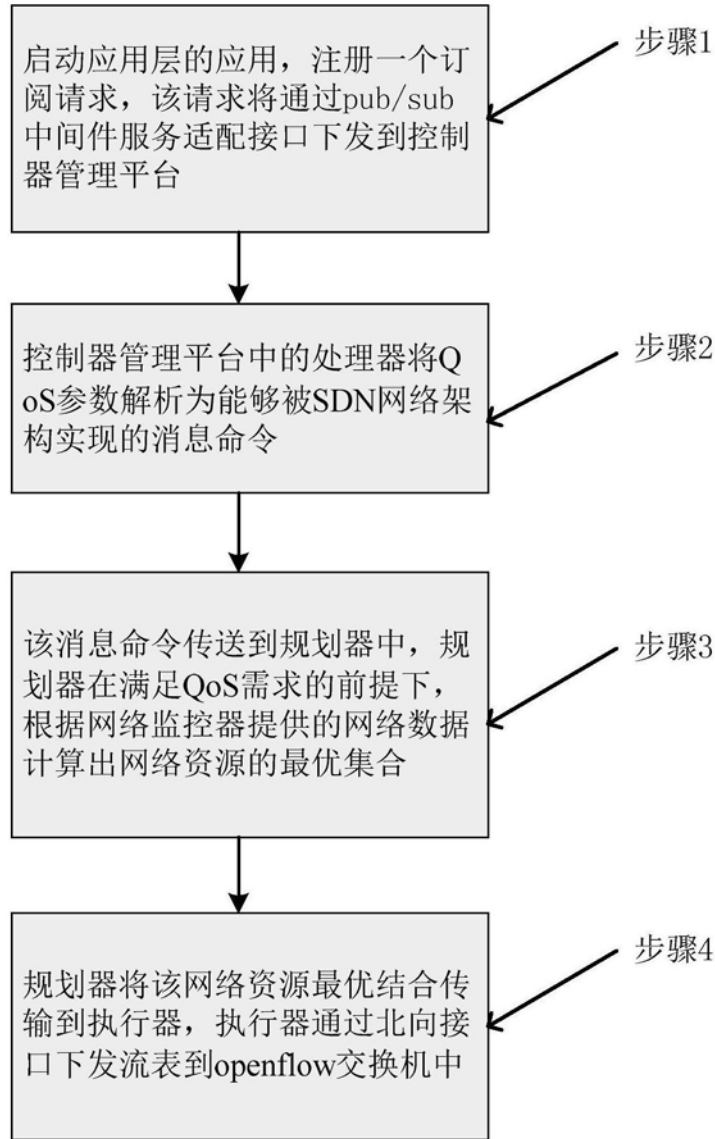


图3

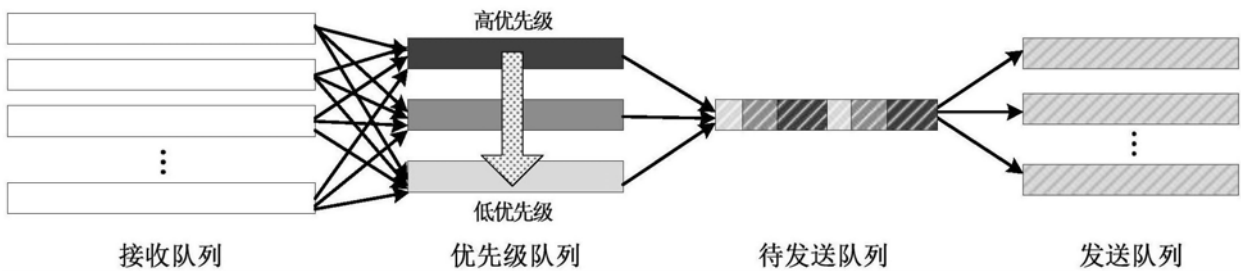


图4

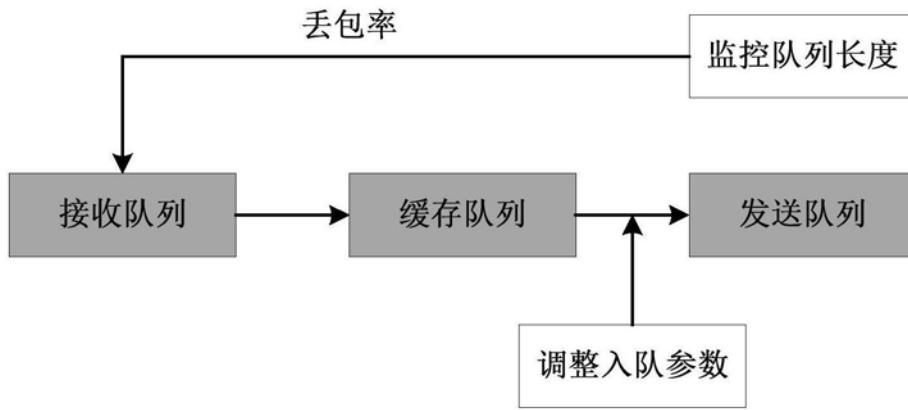


图5

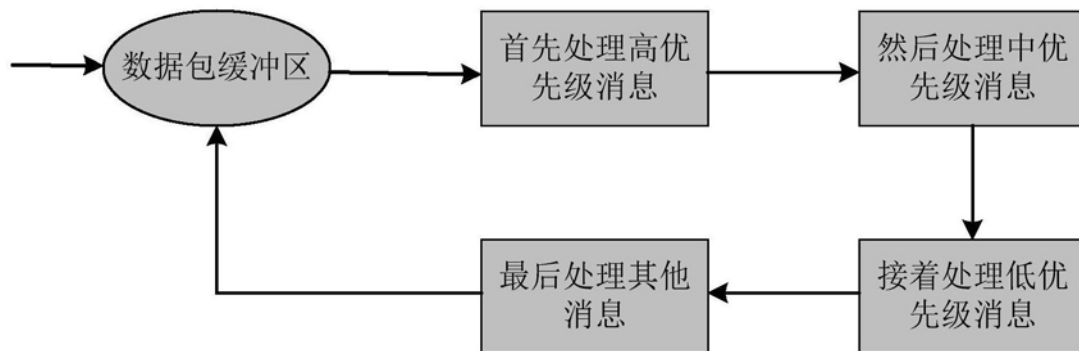


图6