北京邮电大学

硕士研究生学位论文开题报告

学 号: 2020140452

姓 名: 余青松

学 院: 电子工程学院

专业(领域): 电子信息

研究方向:

导师姓名: 张健明

攻 读 学 位: 专业硕士

2021年 12月 20日

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 论文题目 | 基于多域协作SDN的可扩展控制器技术研究 | | |
| 选题来源 |  | 论文类型 |  |
| 开题日期 | 2021.12.26 | 开题地点 | 北京邮电大学 |
| **一、立题依据（包括研究目的、意义、国内外研究现状和发展趋势，需结合科学研究发展趋势来论述科学意义；或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献目录）（不少于800字）**  1.1 研究目的  本论文主要研究SDN组网控制器技术，使用多控制器架构对多个网络域进行控制，通过多域协作策略实现控制器的负载均衡和组网优化。控制器能对域内交换机参数和配置进行设置，并实时监控网络状态，解决网络管理中的自动化配置、故障管理、路由调整等技术难题。  1.2 研究意义  随着网络规模的迅速扩大和网络流量的爆炸式增长，网络业务形式不断变化，一些大数据、云计算业务的发展，对网络业务的速度和稳定性提出了新的要求，而传统的分布式网络架构日渐冗杂，集成了大量协议，足够臃肿且可扩展性不高，部署新业务尤其困难。各个厂商的网络设备与厂家开发的软件和操作系统紧密相关，这使得网络架构高度耦合，无法做到灵活配置，没有统一的方法对交换机设备进行配置，手动升级的方式工作量庞大且效率低下。日常对网络的维护中，由于缺乏对网络的全局视图，导致网络资源的利用率降低和交换机流量负载分布不均衡的问题出现。为了解决传统网络的种种弊端，软件定义网络（Software Defined Network，SDN）应运而生。  SDN将网络的控制平面与数据平面分开，控制平面内的控制器采集全网状态信息，并根据业务需求计算流表的传输规则，以便将流表信息转发给数据平面的交换机，从而控制流量；数据平面中的交换机只有一个转发性能。与此同时，控制平面为应用平面提供了灵活的可编程性能，使得应用平面的应用程序可以动态更改网络配置，极大地降低了网络管理成本。经典的SDN架构中，使用单一集中的SDN控制器来管理整个网络。然而，随着互联网终端的持续接入，网络通信的范围正在扩大，仅靠一个集中式控制器无法确保其可扩展性和稳定性。多控制器架构可避免单个集中控制器架构，通过控制器之间的负载均衡策略，实现控制器控制能力的合理分配。  1.3 国内外研究现状和发展趋势  随着SDN技术的不断发展，科研人员对网络仿真平台的需求越来越大。SDN架构中，由软件实现的控制平面被称为SDN控制器，是SDN架构的核心。目前，SDN控制器业界比较流行的有OpenDaylight(ODL)、ONOS、OpenContrail、Ryu、Floodlight等SDN控制器。SDN的数据平面的仿真实现往往通过一些网络仿真工具，如NS3、NS2和mininet等。mininet是最常用的SDN拓扑仿真工具，它使用轻量级虚拟化机制来创建网络模型并实现网络节点之间的数据转发。用户可以在mininet中创建一个包含主机、交换机、控制器和链路的完整虚拟网络，而无需其他外部组件。  在对SDN网络的仿真中，通常会使用OpenVSwitch对交换机设备进行模拟，能比较真实地模仿现实中的网络，但是，一旦仿真拓扑所使用的资源超过了系统资源的限制，就会出现仿真”变形”的问题，所以在一些比较大型的仿真中，会使用分布式仿真技术，将拓扑进行切分，在多台机器中运行。  对于控制器而言，如果一个控制器域下的交换机数量过多，超过了控制器的负载能力，很容易导致网络的瘫痪，如果引入控制器集群，部署负载均衡算法，在域内进行交换机迁移，达到控制器间的负载均衡。  目前SDN还没有一套像传统网络中SNMP协议一样的统一应用管理协议，SDN的南向接口中，基于OFCONFIG的数据管理模型要进行必要的扩展，以实现设备配置及网络引导、物理网络配置、故障和性能监控、虚拟网络设置以及虚拟网络操作等功能。网络管理是网络技术发展的必然产物，需要探索SDN网络管理中的自动化配置，并从网络状态感知、故障管理、业务配置等方向扩展SDN网络的管理能力。 | | | |

|  |
| --- |
| **二、研究内容和目标（说明课题的具体研究内容，研究目标和效果，以及拟解决的关键科学问题。此部分为重点阐述内容）（不少于2500字）**  **研究在SDN组网中的交换机迁移策略**  在SDN中，控制器对交换机的数据流转发规则进行配置，对于小型网络，单控制器架构足够对网络进行控制，但面对高复杂度的网络，单个控制器无法在有限的时间内完成请求的处理和规则的下发。因此有文章提出了多控制器的控制平面架构，每个控制器仅对自己控制域内的交换机进行管理，多个控制器联合对整个网络进行管理。对一个给定的拓扑结构，当控制器数量太少时可能出现网络瘫痪，数量太多又会导致资源的浪费，所以首先要根据其网络的规模和流量状况确定合适的控制器数量，在确定控制器的数量之后，控制器需要相应策略，根据传播时延、链路状态等条件，将交换机添加进入相应的控制域，这样就能在多控制器部署的条件下达到控制整个网络的目的。  在SDN控制器部署完成后，由于流量是动态的，每个交换机产生的流请求随时间变化，容易导致每个控制器的负载也随时间变化有些控制器的负载相对较高，有些相对空闲，静态的关系导致控制器之间的负载分布不均匀，特别是在网络流量波动较大的情况下，在此背景下提了交换机迁移的概念：如果如果交换机的控制器负载很高，则可以将交换机从一个控制器迁移到另一个控制器，以保持网络的正常运行。OpenFlow也因此提出了新规则：每个交换机可以由多个不同角色的控制器控制：主、等和从，通常，交换机只有一个主控制器，它可以指示数据平面、获取交换机的状态并将规则写入其交换机。  为了达到控制器之间的负载均衡，首先要发现控制器的过载问题，其中一种方法是在各个控制器之间定期进行同步，控制器在发生过载之前从其他控制器收集负载信息。每个控制器都需要定期向其他控制器报告负载信息，由于大量的状态同步，不可避免地会导致高开销，在保证负载均衡时效性的前提下，如何削减这种开销的影响需要深入的研究。其次，如果不使用定期同步的方法，要进行负载均衡，则需要在每个控制器内部设定阈值来检测不平衡状态，当控制器的负载超过设定的阈值时，和其他交换机交换负载信息，然后执行迁移，然而这种单一阈值的方法，在整个网络流量急剧增大的情况下，多个控制器都频繁触发阈值，导致迁移的频繁发生，仍然会使控制器产生大量开销和网络的不稳定。均衡策略必须同时兼顾控制器的负载和迁移成本，一般的，控制器负载有以下几个衡量指标：1.控制器接收到的交换机传来的Packet-in消息速率。2.控制器维护域内网络视图的开销，如链路状态、交换机信息等。3.在分布式多控制器架构中，和其他控制器进行信息交互的通信开销。迁移成本也是影响网络性能的重大问题，早期的一些论文会在迁移时优先考虑邻居控制器，在迁移的过程中，交换机无法对数据包进行处理，会造成严重的丢包。如何找到兼顾迁移成本和负载的迁移策略，是研究的重要内容。  **研究分布式SDN网络中的多域协作策略**  SDN有控制层和转发层分离的特性，将传统交换机设备的控制转移到SDN控制器中，不仅能对网络流量进行监控，还能基于网络的链路状态等设计出高效的资源调度策略，充分利用网络资源，减少网络拥塞。SDN的集中控制特性具有很多的优势，但随着网络规模的增大，网络流量爆炸式增长，控制器对数据包的处理能力是有限的，单个控制器无法管理大型网络，因此通常使用多控制器的分布式SDN架构。控制器在物理上是“分布式”的，但在逻辑上是集中的，每个控制器仅管理自己域内的交换机，这大大降低了流量压力。  分布式SDN的多域架构场景下，引入了新的问题。在单域内，SDN控制器具有网络的全局视图，可以轻松地调整路由和转发决策，从而满足所需的性能目标。但是，在多域场景中，由于控制器在物理上是分布式的。每个域都有一个控制器，只负责在其域内的路由数据包，路由决策未考虑其他域的利用率和拥塞状态。这种架构下，控制器需要通过主动探测或被动监听的方法来交换不同域之间的网络信息，以协助域间的决策制定。往往，分布式架构的网络性能对于控制器间信息同步的依赖性很高，在控制器之间同步网络状态信息会有很大的同步开销产生。因此，如何在性能和开销中进行权衡，是分布式SDN网络架构中研究的重点问题。  以分布式SDN网络中的路由举例：在网络中，源和目标之间进行通信总是存在多条路径，如果拥有全局网络视图，可以很好地规划路由策略，保证低时延和高链路质量。在网络被划分为多个域后，单个控制器如果没有合适的多域同步策略与其他控制器交换网络信息，很难做出全局最优的路由决策。在大型网络中，数据包可能会跨越多个SDN控制域，如果控制器缺乏协作策略，每个域都相当于一个“黑盒”，因为拓扑信息的缺乏，无法确定最佳的端到端路径，由于缺乏不同域中路径状态的信息，所以无法提供QoS保证和最大化链路利用率，通过协作分享不同域中网络的关键信息，可以显著提高多域路由的性能（例如，减少流量丢失、端到端延迟和最大化链路利用率），并允许更好的负载平衡和更少的拥塞。  关于不同域之间的协作方式，主要存在三种基本类型：1.基于协议的协作，基于协议的协作是指不同域之间通过协议进行协作，该协议通过域之间交换信息来执行这种协作。典型的和这样的协议的最常见的例子是边界网关协议BGP。BGP是一种域间路由协议，执行，遇见路由可达性信息的交换，但由于BGP是分散的，每次拓扑更改后都会导致收敛时间很长，这种延迟会明显地影响性能。2.控制器到控制器C-to-C协作，C-to-C 协作是指多个 SDN 域之间的协作，其中控制器交换信息以优化路由决策。例如允许通过定期更新复制控制器状态来分布控制平面，以便在所有控制器上保持相同的网络视图。ONOS 还使用一起运行的分布式控制器来提供网络的全局视图，促进高级功能，例如负载平衡、容错和安全性。OpenDaylight（ODL）多控制器实例使用东/西结合负责收集和共享联合控制器。ONOS 和 ODL 假设所有控制器具有完全相同的视图，因此，它们不适用于在所涉及的不同管理域之间仅共享有限信息的场景。3.基于代理的协作，多个 SDN 域之间基于代理的协作依赖于称为代理的集中组件。代理从不同的域控制器收集数据并确保它们之间的协作。 它允许每个域根据其他域的状态做出最佳路由决策，以最大化满足其性能和成本要求的域间流的数量，它通过避免潜在的内部拥塞在相关域的网络运营商之间建立双赢关系，使用共享信息来构建抽象的多域视图，并利用它来计算每个流的域间路由路径，它在流到达它们之前使用路由路径预先配置在特定流的路由中涉及的域。 |

|  |
| --- |
| **三、研究方案设计及可行性分析（包括：研究方法，技术路线，理论分析、计算、实验方法和步骤及其可行性等）（不少于800字）**  在所有SDN网络仿真的方法中，为了得到分离的控制平面，数据包处理设备的控制逻辑需要被转移到外部控制器上，与纯分布式系统相比，这些提供了更高的可靠性、可扩展性和性能。然而，构建虚拟化网络的要求相当难以实现。描述真实世界的网络需要可扩展性，其中单个工作站模拟具有数百个节点（如果不是数千个）的网络。在测试平台中，网络的协议和特性应该尽可能接近生产环境中部署的网络实例。网络设计应可在协作者之间共享，无需复杂的设置和配置  在这一领域，Mininet 使用的基于容器的仿真能够在单台计算机上模拟大型拓扑。一般来说。要实现这样一个系统的功能会出现一个主要问题，设置硬件环境的成本太高，尤其是在完整的基于硬件的测试平台上部署系统。所以虚拟化十分重要，mininet内置了Openvswitch功能，可以在一台机器内进行交换机的虚拟化。OpenvSwitch是一个软件定义的网络堆栈，不需要基于硬件的基础设施，，可以实现包括对网络协议堆栈的仿真、支持跨物理服务器分布式管理、扩展编程、大规模网络自动化和标准化接口，OpenvSwitch支持OpenFlow协议，可以从控制器远程控制节点，可以很好地与mininet配合，进行网络仿真。  而网络拓扑，则来自toplogy zoo中的一些真实网络拓扑，该平台提供了多种拓扑结构，其中包括交换机或路由器的地理位置，以及他们的互连，需要在mininet中解析拓扑文件，将现有的拓扑迁移至mininet中。关于流量生成，在仿真网络中，需要一定的方法对流量的生成进行模拟，常常使用iperf对生成的流量进行仿真。开源的SDN控制器性能测试工具CBench支持对控制器吞吐量和响应时间等指标的测试，可以对控制器的控制能力有一个可靠的评估。  而控制器，现有的很多开源控制器，如ryu、FloodLight等SDN控制器，都支持OpenFlow协议，使用任何一种控制器都能展开研究，可能需要对多个控制器的性能进行评估，最后选择合适的控制器。  由于在进行SDN控制器相关研究时，可能需要频繁启动和关闭控制器，多个控制器的部署也会导致操作的复杂，拟定使用docker容器来部署SDN控制器，可以通过一些简单的命令来完成对控制器的管理，使用容器的部署也有更好的可移植性。 |

|  |
| --- |
| **四、本研究课题可能的创新之处（不少于500字）**  1.基于节点重要性的多控制器部署策略  给定一个网络拓扑，和传统层级结构不同的是，SDN网络不存在传统网络中的分层结构，类似核心层、汇聚层、接入层的划分，交换机也不存在所谓一层交换机和二层交换机，在数据平面，网络的层级结构不如传统网络明确，需要对控制器所控制的网络域进行划分，在这之前，要对网络复杂性和控制器的控制能力进行评估，得到适合于整个网络的控制器数量，部署后，再根据交换机节点的重要性提出交换机部署策略，将交换机划分到合适的控制器域内。  2.可扩展的控制平面研究  在网络升级后，需要扩展交换机的控制平面，添加新的控制器，也要对网络中现有的交换机设备进行迁移，现在交换机迁移策略，一般都是在网络运行中，出现负载问题时对交换机进行迁移，很少有论文对控制器扩展后的迁移展开研究，在网络内添加控制器后，为了使得控制器资源被充分利用，整个网络的控制结构都需要做一些调整，现有的迁移策略很多都基于控制器之间的负载均衡，未在可扩展方向进行深入的研究。  3.多域协作的SDN流量工程研究  流量工程技术常用来优化网络策略，在SDN网络中，由于提供了全局的网络视图，能动态地调整网络策略以寻找满足目标的网络配置，但现有的研究很多是搭建在控制器已经掌握全局视图的前提下，但控制器之间通信也是有很大的额外开销的，控制器需要通过主动探测或被动监听的方法来交换不同域之间的网络信息，以协助域间的决策制定，需要研究低开销的信息共享策略实现SDN中的流量工程。 |
| **五、研究基础与工作条件（1.与本项目相关的研究工作积累基础 2.包括已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决途径）（不少于500字）**  1.前期工作  研读了相关论文，关于SDN中交换机迁移策略的最新研究成果和SDN域间协作的主要方法。为了达到控制器之间的负载均衡，首先要发现控制器的过载问题，其中一种方法是在各个控制器之间定期进行同步，控制器在发生过载之前从其他控制器收集负载信息。每个控制器都需要定期向其他控制器报告负载信息，由于大量的状态同步，不可避免地会导致高开销，在保证负载均衡时效性的前提下，如何削减这种开销的影响需要深入的研究。其次，如果不使用定期同步的方法，要进行负载均衡，则需要在每个控制器内部设定阈值来检测不平衡状态，当控制器的负载超过设定的阈值时，和其他交换机交换负载信息，然后执行迁移，然而这种单一阈值的方法，在整个网络流量急剧增大的情况下，多个控制器都频繁触发阈值，导致迁移的频繁发生，仍然会使控制器产生大量开销和网络的不稳定。而域间协作主要有三种方法：1.基于协议的协作，基于协议的协作是指不同域之间通过协议进行协作，该协议通过域之间交换信息来执行这种协作。2.控制器到控制器C-to-C协作，C-to-C 协作是指多个 SDN 域之间的协作，其中控制器交换信息以优化路由决策。3.基于代理的协作，多个 SDN 域之间基于代理的协作依赖于称为代理的集中组件。代理从不同的域控制器收集数据并确保它们之间的协作。  2.已具备的实验条件  使用虚拟机，搭建了SDN网络拓扑，在docker环境中，部署了多个SDN控制器，控制器能连接到SDN网络中的SDN交换机，双方能正常通信，使用脚本，能实现控制器的快速部署和配置。 |

**学位论文工作计划**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 时间 | 研究内容 | 预期效果 |
| 2021.12.26-2022.1.31 | SDN多控制器部署策略 | 能根据网络规模和拓扑进行网络域划分 |
| 2022.2.01-2022.3.01 | SDN控制器迁移策略 | 可扩展的交换机迁移策略，在保证负载均衡前提下，支持控制器的添加或移除 |
| 2022.3.02-2022.4.01 | SDN多域协作流量工程 | 低开销的信息共享策略，实现SDN中的流量工程。 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评  定  小  组  成  员 | 姓 名 | 职 称 | 单位名称 | 职务 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 导师意见： | | | | |
|  | | | | |
| 导师（签名）：  日期： 年 月 日 | | | | |
| 开题报告小组意见： | | | | |
| 组长（签名）：  日期： 年 月 日 | | | | |
| 学院意见（签章）： | | | | |
| 负责人：  日期： 年 月 日 | | | | |