



基于混合粒度的虚拟资源描述和发现模型^{*}

苏喜娟^{1,2}, 徐名海^{1,2}, 徐 玉^{1,2}, 王 宇^{1,2}

(1. 南京邮电大学通信与信息工程学院 南京 210003;

2. 南京邮电大学宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室 南京 210003)

摘 要: 网络虚拟化环境下, 进行资源配置的一个重要前提就是虚拟资源的资源描述和发现, 当前并没有针对虚拟环境中虚拟资源的特性提出合适的资源描述方法。本文通过分析虚拟资源的特性, 提出一种资源描述机制, 它能够描述不同粒度的虚拟资源。实验证明, 对不同粒度的资源进行描述且采用本文提出的资源发现方法, 资源配置效率会得到提升。

关键词: 虚拟资源特性; 资源粒度; 资源描述; 资源发现

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.02.008

A Virtual Resource Description and Discovery Model Based on Hybrid Granularity

Su Xijuan^{1,2}, Xu Minghai^{1,2}, Xu Yu^{1,2}, Wang Yu^{1,2}

(1. College of Telecommunications & Information Engineering, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China; 2. Key Lab of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology (NUPT), Ministry of Education, Nanjing 210003, China)

Abstract: The virtual resources description and discovery is an important premise for resources allocation in network virtual environment, however, there lacks efficient resource description method meeting the virtual resources characteristics in the current study. A new resource description mechanism was put forward which can describe virtual resources with different granularity by analyzing the virtual resources characteristics. And the efficiency of resource allocation has been promoted by the experiment using different granularity of resource description and this resource discovery method.

Key words: virtual resources character, resources granularity, resources description, resources discovery

1 引言

网络虚拟化技术^[1-3]的目的是把多个异构的物理网络整合成一个公共物理网络, 打破目前一个基础设施提供商对应一个网络服务提供商的局面, 允许在一个公共物理网络上支持多个虚拟网络, 实现物理网络资源的广泛共享, 最大程度地提高网络资源的利用率。在网络虚拟化的环

境中^[4], 传统的互联网业务提供商(internet service provider, ISP) 的角色已经被分离成两个: 基础设施提供商(infrastructure provider, InP) 和虚拟网络提供商(virtual network provider, VNP)。基础设施提供商管理底层基础网络, 负责虚拟资源的发布和注册, 并且通知虚拟网络提供商有哪些虚拟资源可被利用。而虚拟网络提供商通过创建不同的虚拟网络, 为端用户提供符合要求的端到端业务。

^{*} 国家自然科学基金资助项目(No.60902015), 国家科技重大专项基金资助项目(No.2011ZX03005-004-03)



虚拟网络提供商可以租用一个或多个基础设施提供商的资源来部署不同的业务。另外,业务提供商(service provider,SP)需要向 VNP 定制不同类型的网络,为端用户提供业务。

在网络虚拟化的环境中,InP 需要把物理资源描述成虚拟资源,VNP 能够发现这些虚拟资源,从而可以利用这些虚拟资源组建虚拟网络,SP 作为 VNP 的客户请求建立虚拟网络。资源的描述不仅要考虑物理资源的特性和虚拟资源本身的特性,还要便于资源的发现和配置。然而目前针对虚拟资源描述的研究工作比较少,许多众所周知的资源描述方法(如 cNIS(common network information service,通用网络信息业务)^[5]、NDL(network description language,网络描述语言)^[6])是专门为网络的计算而设计的描述物理资源特征。cNIS 的目的是在一个单独的控制域中,为所有相关的物理网络信息提供一个公用的知识存储平台。NDL 是一个由 W3C 提供的基于 RDF(resource description framework,资源描述架构)语义的 Web 技术,但是 NDL 主要用于描述混合的网络,而且不支持细粒度的网络资源描述。

VXDL(virtual resource and interconnection network description language,虚拟资源和互联网络描述语言)^[7]是为虚拟资源互联的网络定义的,它是基于数据网格应用并且仅强调网络互联、虚拟约束和使用生命长度来描述一个资源。它并没有提供一个有效的机制描述虚拟网络的所有方面。另外,如果考虑到动态信息的更新,这些机制是不可行的。当前集中在 WSDL(web service description language,Web 业务描述语言)扩展方面的研究有很多,参考文献[8]中提出一种基于模型驱动架构的 WSDL 扩展方法,可以用来描述业务的非功能属性。扩展 WSDL 的大部分工作是为了具体应用。Chen Guanhua 等提出一种基于地理位置的 Web 业务描述语言(G-WSDL)^[9]来描述基于数据的业务,克服了 WSDL 提供的接口的局限性。

WSDL 是一个 W3C 标准,支持动态地更新业务,并且它也是基于 XML 语言的,能够对更多的属性灵活地进行扩展。从用户的角度看,每一个 VN(虚拟网络)请求都是一个业务,它包含了许多子业务,底层资源就是具有最小粒度的子业务。本文采用基于 WSDL 的虚拟资源描述方法,如参考文献[10]中提出的方法,在 WSDL 机制中嵌入子元素来描述虚拟网的请求。而对于底层资源的描述采用基于 RDF 的描述方法,从细粒度进行资源描述。最后通过在资

源发现平台中引入资源映射方法,达到对资源的统一管理。

2 虚拟资源特性

在网络虚拟化环境中,网络资源包括节点、链路、接口和路径。每个网元有可能被虚拟成多个子网元,例如,一个物理节点可以被虚拟成一个或多个虚拟节点(如虚拟路由、虚拟交换),一个物理链路可能包括多条虚拟链路,且每条虚拟链路具有不同的带宽。一个物理(或虚拟)链路可能链接了一个或多个物理(或虚拟)接口。虚拟资源是由不同的基础设施提供商提供,其描述方式可能不同,且可能来自不同的虚拟跨平台,因此虚拟资源描述的处理必须是跨平台的,而且能够识别不同的描述符方式。

此外虚拟资源的描述必须对虚拟资源的特性进行分析,虚拟资源有最基本的属性,如资源名称、资源所属单位、资源地址以及资源价格等,称为资源的基本属性,除此之外还可以利用特定的资源定义一些可选属性。另外,与资源配置密切相关的资源的属性有:生命周期、资源粒度、资源能力、资源类型等。资源从注册到注销的整个过程称为它的生命周期,资源的生命周期一般作为资源属性的一部分出现,随着资源被描述,生命周期也被描述出来,在资源的生命周期内,可以对资源进行配置,生命周期一旦截止,虚拟资源便自动注销,而与之绑定的物理资源也随着撤销。资源粒度是指资源的构成形式,比如一个虚拟路径可能由两个更小粒度的虚拟链路构成,是资源被描述之后所具有的属性。资源能力是指资源具备的功能,如节点资源可以计算、存储或者显示等。资源类型是指资源本身是什么,比如虚拟资源可以是节点或链路或一个网络。

将物理资源合理有效地描述成虚拟资源,并且能够把虚拟网络请求描述,呈现在统一的资源平台上是非常必须的,然而当前的研究并未把两者结合起来,因此本文提出一种资源描述和资源发现方法,并且给出了一种网络虚拟化环境下的资源配置模型。

3 资源描述机制

3.1 XML 语言

XML 语言设计的主要目的是被用来在 Web 上存储和传递信息,XML 文档能够运行在不同的系统平台之间^[11],并能够转换成不同格式的目标文档,通常将 XML 作为 Web 上数据转换的桥梁。XML 有利于信息的表达和结构化组织,从而使 Web 上的信息搜索更为有效。借助 XML

几乎可以准确地表达所有类型的信息,可以清楚地解释信息的内涵及信息之间的关联,并可以在最短时间内准确定位用户所需的信息资源。目前,如果使用不同系统和不同编程语言的用户要实现在 Web 上的相互交流和数据共享,其基础就在于 Web 服务器采用 XML 方式在系统之间交换数据,下面是一个简单的 XML 示例:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<?xml-stylesheet type="text/css" href="resources.css" ?>
<!--File Name:resources.xml>
<!DOCTYPE resources SYSTEM "http://www.xml.com/
tsml.dtd">
```

```
<resources name="node">
  <type>cpu</type>
  <capability>2.5G</capability>
</resources>
<resources name="link">
  <type>wireless</type>
  <bandwidth>500 Mbit/s</bandwidth>
</resources>
```

示例中前 4 部分时序文,第 1 行是必须有的 XML 文档声明语句,说明版本是 1.0,编码方式是 GB2312;第 2 行是可选的处理指令语句,用来表明该文档将依据制定的样式进行显示;第 3 行是注释语句,文档名为 resources.xml;第 4 行是 DTD 声明,声明了从 resources 开始引用外部 DTD,外部 DTD 文件安放在 http://www.xml.com/tsml.dtd 网站中。该 XML 文档定义了两个资源,一个是节点(node)资源,它有两个元素,分别定义了它的类型和处理能力,如上所示类型是 CPU,拥有 2.5 GHz 的处理能力;另一个是链路(link)资源,它的类型是无线(wireless)连接,拥有 500 Mbit/s 的带宽能力。

图 1 展示了两个应用之间通信的例子,首先构建用于通信的数据模型,模型构建之后,需要通过 DTD 或者 XML 模式规范协定的标准模式,然后使用这种标准模式的 XML 文档对概念进行描述。

3.2 使用 RDF 对虚拟的描述

RDF 是一种 W3C 提出的用于描述 Web 上资源的资源描述架构,它使用 XML 编写并提出了针对数据的模型以及语法。虽然 W3C 将“RDF”设计为常规元数据搭建工具,但它还提供了许多功能,使之成为 XML 数据的理想搭档。在许多正在形成的 XML 应用程序中,在应用程序的生存期中封装在应用程序中的知识以 XML 文档形式存储在数

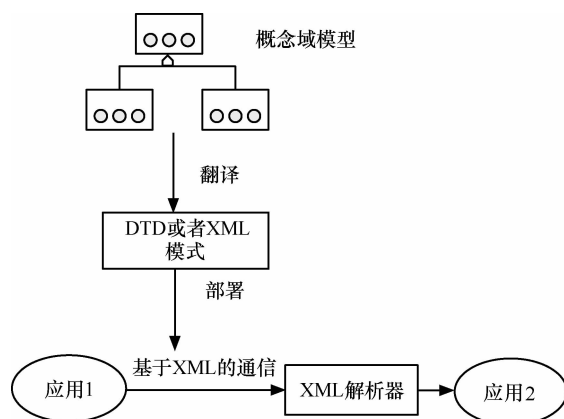


图 1 XML 语言引用 DTD 的点到点通信

据库或资源库中。RDF 可以作为知识管理工具,它允许对这些知识进行组织、关联、分类和注释,从而增加存储数据的处理。

由于 RDF 信息可以轻易地在使用不同类型的操作系统和应用语言的计算机之间进行交换,它的这种特性使它非常适合作为虚拟资源描述的机制。RDF 定义了一个简单的数据模型,通过一个三元组描述被描述的主体(subject)、它具有何种性质(predicate)以及性质为何值(value)。

下面的例子中,RDF 使用 Web 标识符 (URI) 标识资源,使用属性和属性值描述资源。

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/use/sxj"
  xmlns:resource="http://www.resourcestore/virtualresource/
xsd">
  <rdf:Description
    rdf:about="http://www.njupt.sss/virtualresource/node">
    <resource:owner>njupt</resource:owner>
    <resource:type>link</resource:type>
    <resource:capability>100 Mbit/s bandwidth</resource:
capability>
    <resource:price>10.90 yuan per Mbit</resource:price>
    <resource:lifetime>10 months</resource:lifetime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description
    rdf:about="http://www.recshop.fake/cd/Hide your heart">
    <resource:owner>ccmc</resource:owner>
    <resource:type>node</resource:type>
```



```

<resource:capability>12.G </resource:capability>
<resource:price>10.90 yuan for 1 GHz</resource:price>
<resource:lifetime>12 months</resource:lifetime>
</rdf:Description>
...
</rdf:RDF>

```

此 RDF 文档的第一行是 XML 声明,声明之后是 RDF 文档根元素<rdf:RDF>。

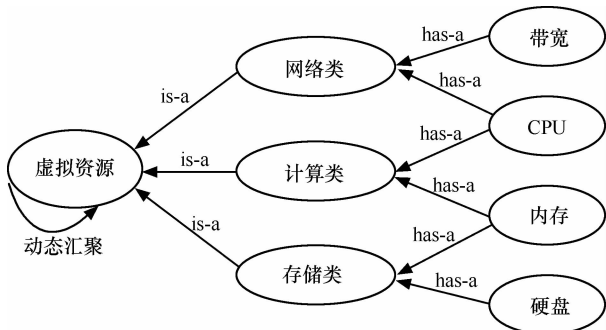
其中,Xmlns:rdf 命名空间,规定了带有前缀的 rdf 元素来自命名空间 <http://www.w3.org/use/sxj>;xmlns:resource,规定了带有前缀的 rdf 元素来自 <http://www.resourcestore/virtualresource/xsd>; <rdf:Description> 元素包含了对被 rdf:about 属性标识的资源的描述。<resource:owner>、<resource:type>、<resource:capability>等是这些资源的属性,其中 owner、type、capability 等元素被定义在命名空间中,此命名空间在 RDF 之外。

另外,RDF 可以用图示法描述主体以及属性,资源提供者为其所拥有并且愿意租让的资源提供本体概念和描述,VNP 可以根据用户的需求进行资源的搜索,图 2 是用图示法对虚拟资源的描述。

虚拟资源拥有一些共同的特征如名字、ID、位置和功率消耗等,可以把这些特征作为资源的基础属性进行定义,也可以分类定义资源。从功能的角度把虚拟资源分为 3 个子类:

- 计算类,代表所有的计算资源,如服务器、PC 或者便携设备等;
- 网络类,代表所有用户连接端设备的资源;
- 存储类,代表所有的存储资源,如硬盘、CD 等。

RDF 为描述某类对象具有何种性质提供了手段,但仅定义了一个资源描述框架,若想进一步描述资源的性质以及这些资源与其他资源的相互关系,就需要用 RDFS 实



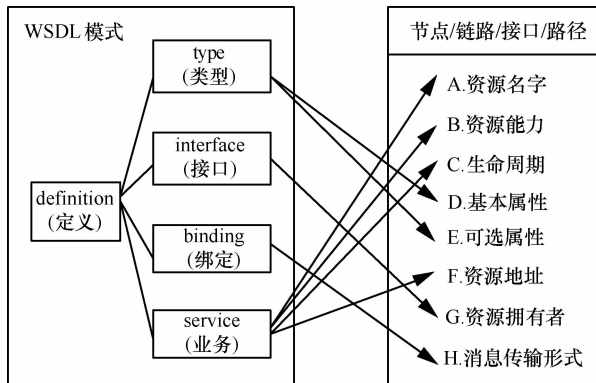
现。RDFS 提供了一些建模原语用来定义描述类、类与类之间的关系,可以把它理解为用于描述资源的词汇表。RDFS 的描述方法在这里并不做进一步的介绍。

3.3 WSDL2.0 虚拟资源描述

第 3.2 节从资源提供的角度,利用 RDF 描述资源,利用 RDF 的方法可以从数据元的角度细粒度地描述资源。本节将展示一种粗粒度的资源描述方法,利用 WSDL 对虚拟资源进行描述。WSDL 是一个 W3C 标准,支持动态地更新业务,并且也是基于 XML 语言的,能够针对更多的属性灵活地进行扩展。

每一个 VN 请求都是一个业务,它包含了许多子业务,底层资源就是具有最小粒度的子业务,由 InP 提供这种业务,而 WSDL 本来就是描述业务的,因此 VN 的请求也可以用 WSDL 文档描述。另外,W3C 定义 WSDL 允许某些 WSDL 元素可以包含扩展元素,WS-I 基本文档 1.1 定义了更多相关扩展规则,即每个 WSDL 元素可以包括扩展元素和扩展属性,这为 WSDL 的扩展提供了理论上的支持。图 3 画出了 WSDL 的 4 个关键元素来描述 VN 中的网络资源,根据资源的特性来描述资源,其中,A~D 描述资源是什么,E~H 描述如何获取这些资源。在 WSDL 机制中,这种定义方法与 Web 服务定义规则是一致的。

所有 WSDL 文档的根元素都是 definition(定义)元素,definition 元素下有 4 个子元素 type(类型)、interface(接口)、binding(绑定)、service(业务)。E~H 部分是虚拟资源性质中最基本的内容,而需要关心的是与资源配置密切相关的特性,资源能力(ability)、生命周期(timeline)以及资源属性(attribute)都在 service 元素中,其中 ability 和 timeline 是在 service 中植入的两个参数。type 定义了资源的基本属性和可选属性,基本属性与资源本身的信息密切相关必须具备的,而可选属性是可以不同的,依赖于资源粒度的不同和



资源类型的不同而有所变化。下面是一个利用 WSDL2.0 格式对虚拟资源描述的例子:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8">
<wsdl:description xmlns:wsdl="http://www.w3.org/ns/wsdl"
    xmlns:msg="http://www.resourcestore.org/
    virtualresource/xsd"
    ...>
<wsdl:types>
<xs:import namespace="http://www.resourcestore.org/
virtualresource/xsd"
    schemalocation="resourcelist.xsd"/>
<complexType name="RequiredAttribute">
<attribute name="nodetype" type="msg:NodeType" fixed=
"router">
<attribute name="ostype" type="msg:OsType" fixed="linux">
<attribute name="cpu" type="string" fixed="1Ghz">
...
</complexType>
<complexType name="OptionalAttribute">
...
</wsdl:type>
<complexType>
...(The other data types definition)
</wsdl:type>
<wsdl:Interface>...</wsdl:Interface>
<wsdl:Binding>...</wsdl:Binding>
<wsdl:service name="hostsuo" Ability="storage/compute"
    Timeline=Start2012.12.21 12:00AM For 12 months
    ...>
</wsdl:service>
</wsdl:description>
```

type 元素用作一个容器,定义了自定义的特殊数据类型。在 WSDL 的 type 部分使用 import 机制描述基本(required)属性和可选(optional)属性,这两个属性需要提供新的数据类型。基本属性与资源本身的信息密切相关必须具备的,而可选属性是可以不同的,依赖于资源粒度的不同和资源类型的不同而有所变化。import 元素可以让当前的文档使用其他 WSDL 文档中制定命名空间中的定义,然后其他文档可以直接参考这个目标命名空间,不需要重新定义。可以通过一个目标命名空间,定义所有需要的资

源属性的数据类型在 WSDL 中使用 import 机制,任何资源描述文档都可以重利用在目标命名空间定义的数据类型。

利用这种方法描述虚拟资源,通过在 service 元素中嵌入两个元素 availability 和 timeline,定义了资源的能力和生命周期,于是 WSDL 便具有所有虚拟网络网元的特征。使用 WSDL 对虚拟资源进行描述时,既可以描述最小粒度的资源,也可以描述一个请求,并且不需要对 WSDL 进行过多的扩展。

3.4 资源的发现

上文提出的两种资源描述方式,无论是 RDF/RDFS 还是 WSDL2.0,都是基于 XML 的,当然并非只能用 XML 语言对资源进行描述,由于 XML 语言在 Web 上的广泛使用以及它本身跨系统、跨平台、便于计算机理解的特性,让它本身非常适合用于描述虚拟资源。当有了对虚拟资源的描述之后,接下来将关注这些资源如何被发现,这时,不能不关注 Web 服务的发现机制 UDDI (统一描述发现和集成) 协议。UDDI 也是 Web 服务集成的一个体系框架,包含了服务描述与发现的标准规范,为描述提供服务的主体,主要实现不同的服务能够彼此发现并且规定了各种服务怎样在互联网上互相作用,可以在一个全球的注册体系架构中共享信息。

RDF/RDFS 可以实现对资源的细粒度描述,而 WSDL2.0 既可以细粒度描述虚拟资源,也可以从一个请求业务的角度粗粒度描述虚拟资源,这样为接下来的工作做了良好的开端,集合 RDF/RDFS 与 WSDL2.0 描述的优点,本文提出了一种解决异构资源描述的方法,在这里引用了参考文献[12]中提出的从 RDF/RDFS 到 UDDI 的映射方式。用于异构数据描述的资源发现方法如图 4 所示。

InP 拥有一个或多个物理网络,物理资源的虚拟化以及对虚拟资源的描述都由不同的基础设施提供商决定。由于基础网络的多样性以及虚拟资源的多样性,为了更好地将资源呈现,资源的描述可能呈现多样性,细粒度的描述可能使用 RDF/RDFS 或 WSDL 的描述方式,而粗粒度的描述可能会采用 WSDL 文档的形式,对虚拟资源聚合成一个子业务来提供。对于 RDF/RDFS 的资源描述方式,需要经过映射的方式,利用现有 UDDI 的架构呈现出来。而在 VNP 侧,VNP 收集用户的需求,并根据用户的需求,建立符合用户需求的虚拟网络,VNP 把这个虚拟网络的信息作为一个业务用 WSDL 描述,并给 UDDI 发送请求。

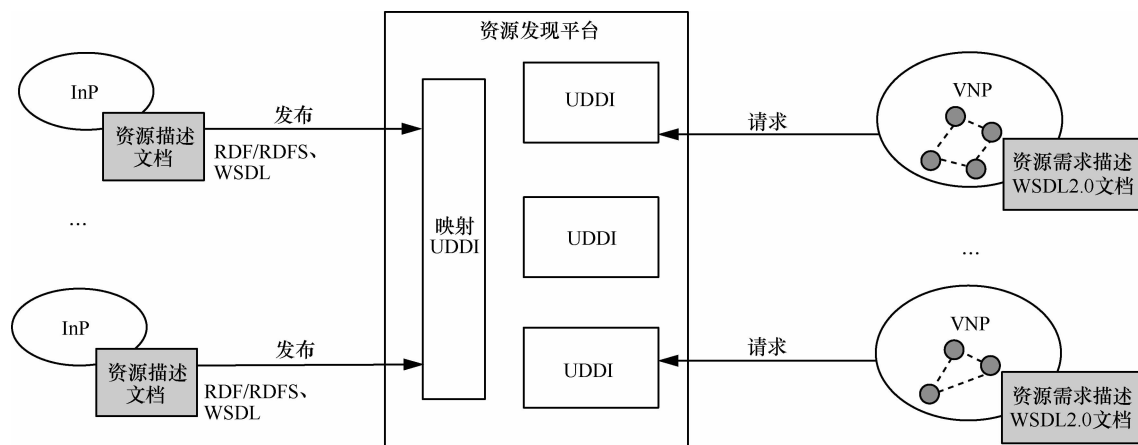


图4 用于异构数据描述的资源发现方法

4 资源的控制与实现

4.1 资源的整体控制

在第3节,已经介绍了本文提出的资源描述和发现方法,已有的资源分配模型或不能满足动态的资源调控或不能满足不同虚拟粒度的资源配置,本节将结合资源的生命周期、虚拟粒度以及资源的动态策略等,给出一个更加适合网络虚拟化的资源分配模型。

如图5所示,资源配置的大部分工作由VNP承担,VNO(虚拟网络运营商)收集虚拟网的需求,并且把这些请求信息进行描述和汇集整合,VNP首先根据虚拟资源策略进行接纳控制,接纳控制主要是为了保证良好的运营收益和用户体验,然后被接纳的请求才能进入资源配置阶段。

一个完整的虚拟资源控制流程可以分为如下3个阶段。

接纳控制阶段:VNO收集虚拟网的需求,并且把这些请求信息进行描述和汇集整合;VNP根据配置策略进行接纳控制,并且调用资源配置功能的发现模块查看虚拟资源情况,决定是否接受请求。

资源配置阶段:一旦接纳一个请求(如 G^v),进行资源配置;调用资源配置的合成模块,按照请求的需要,根据控制策略,把满足需要的资源(n^v, l^v)进行关联,合成需要的网络(G^v)。

资源绑定阶段:资源绑定,把分配出去的资源(n^v, l^v)对应的物理资源(n^s, l^s)进行绑定,最后配置结果反馈给InP。

控制策略模块可以看作一个动态的策略库,由于这是一个动态的资源配置过程,要收集发布的资源信息、虚拟

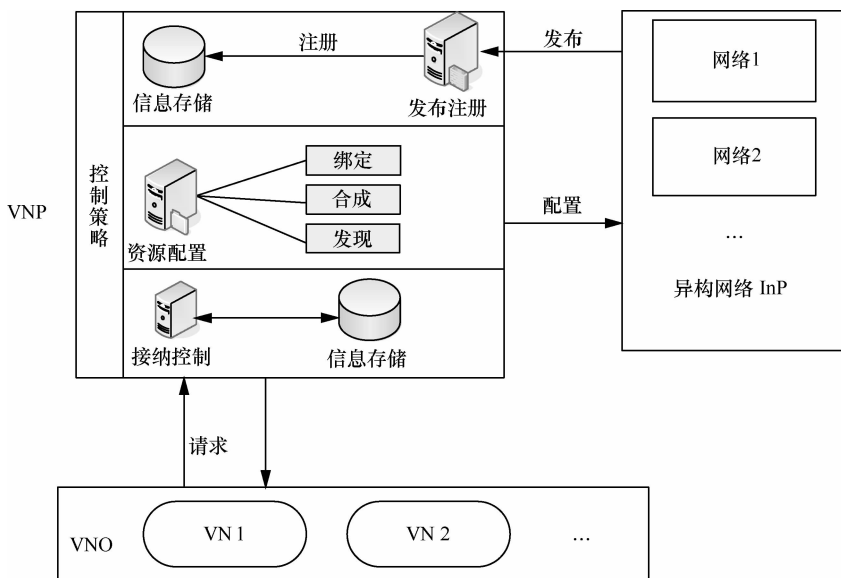


图5 虚拟网络资源控制

网络运营商的请求信息以及配置失败信息等,如果想提供更好的决策信息,控制策略也应能随着信息的变化进行调整,从而达到资源的最大化利用。控制策略在整个资源的配置过程中非常重要,有两方面的主要作用:

- 在接纳控制阶段,控制策略提供一些规则(如规定当可以提供的虚拟节点的能力小于 20 Gbit/s 时,则网络将拒绝一部分对节点能力要求高的请求),这些规则决定了是否能够接受一个请求。
- 资源配置阶段,控制策略包括一些规则,如重配置、资源调整、资源关联等,比如,能够根据环境感知的结果、感知配置失败的资源、规定重新配置资源的条件或者在资源合成时,规定如何给属于同一个虚拟网络的资源打上标记等,主要是辅助资源配置阶段的有效完成。

4.2 资源配置的实验与分析

本文的实验是基于 XML 能够进行跨平台处理的原则,采用 DOM 的 ASP 编程环境编写脚本程序,实验时在 Win7 上搭建 IIS7,并且安装了 msxml4.0,利用搜狗浏览器进行显示。数据的处理选择在配置的服务器端进行,利用 XSL 显示 XML 文件并且进行编辑。本实验中,在资源提供方,由 InP 进行资源的注册,然后把编辑后的数据提交到服务器端,并在服务器端进行数据更新。利用 XSL 样式单把更新后的资源文档,显示给 VNP。在资源请求方,也采用 XML 文档代表资源的请求。实验给出了完整的资源描述和资源发现的步骤:

- (1)InP 向资源发现平台进行资源注册;
- (2)SP 向 VNP 请求建立网络;
- (3)VNP 根据 SP 的需求翻译,用 WSDL2.0 描述成具体的资源需求,并向资源发现平台请求;
- (4)对每一个请求,利用贪心算法进行虚拟资源发现,并且更新资源。

本实验描述了 10 个请求,InP 提供的虚拟资源按照两种不同的方式进行描述,细粒度和混合粒度(包括粗粒度

和细粒度的描述),分别在两种资源描述方式下进行实验,计算资源配置效率。如果只有最小粒度的资源,进行资源配置时,必须对最小粒度的资源进行合成。表 1 给出了试验中细粒度资源的能力,包括 18 个节点($N_1, \dots, N_{18}$)资源和 30 个链路($L_1, \dots, L_{30}$)资源,并且在图 6 中展示了资源合并的例子。

图 6 所展示的是资源合成的一个例子,左侧是一个请求的资源,是一个网络,包括 3 个节点和 3 条链路,其中 a 和 c 之间的链路需求的能力是 50,可以对细粒度资源 L_1 和 L_7 进行合并,这样便能满足请求的需要。

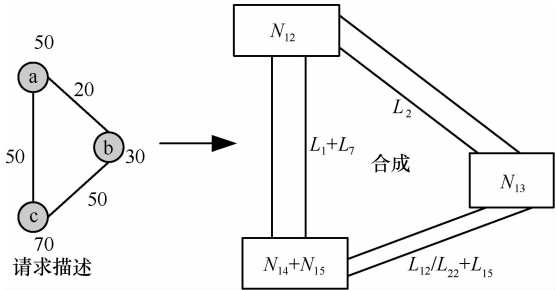


图 6 细粒度资源的合成

如果 L_1+L_7 作为一条虚拟链路被描述出来,那么进行资源配置时,就不需要进行资源合并这一步,将会缩短资源配置时间。最佳的情况是,对于图 6 左侧的请求,具有相似的网络作为一个资源被描述,那么就不需要进行资源合并这一步,可以推出以按照不同粒度对资源进行描述将会提高资源配置效率。本文主要仿真在不同的资源配置率情况下的时间耗费,其中资源配置率表示 10 个请求的配置情况,时间耗费以秒为时间单位,在 CPU 为 2.1 GHz 的处理器上运行,仿真结果如图 7 所示。在资源充裕的情况下,对细粒度描述的资源处理也是需要花费更多时间的,而资源的配置显示了混合粒度资源在时间上的优势,可以推测的是,当资源不够充裕时,需要更多细粒度资源进行资源合成,这时候需要对粗粒度的资源进行分解,这样反而耗费了一定的时间,因此混合粒度在资源配置的不同阶段,其时间优越性是不同的。

表 1 实验所用细粒度资源的能力

N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9	N_{10}	N_{11}	N_{12}	N_{13}	N_{14}	N_{15}	N_{16}	N_{17}	N_{18}	L_1	L_2
76	65	67	78	67	89	67	97	67	45	35	54	33	28	46	45	79	67	5	20
L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	L_{13}	L_{14}	L_{15}	L_{16}	L_{17}	L_{18}	L_{19}	L_{20}	L_{21}	L_{22}
20	22	90	56	45	89	90	45	24	54	77	22	26	45	23	34	23	34	23	25
L_{23}	L_{24}	L_{25}	L_{26}	L_{27}	L_{28}	L_{29}	L_{30}	L_{31}	L_{32}	L_{33}	L_{34}	L_{35}	L_{36}	L_{37}	L_{38}	L_{39}	L_{40}		
78	32	43	44	45	56	17	45	45	75	56	79	45	78	67	57	56	78		

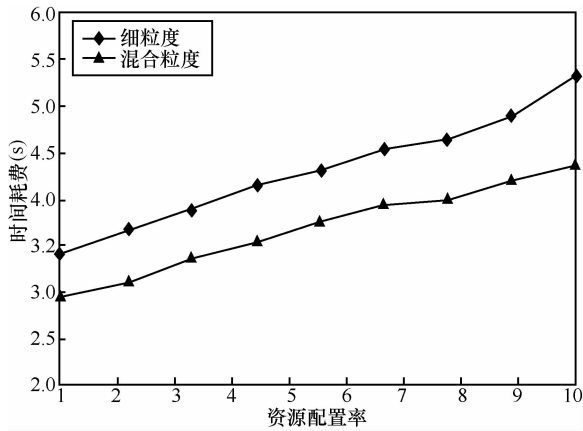


图7 资源配置效率

5 结束语

由于基于 Web 的资源交换核心是对 XML 文本语言的处理,本文提出了一种既能够对虚拟资源细粒度进行描述,又能够对一个请求业务进行描述的方法,对一个虚拟网的请求先描述为一个业务,然后细分成合适的粒度进行描述,在资源发现时利用基于启发式的搜索方法,发现合适的资源。最后本文给出了在虚拟环境下对资源的整体控制图,用实验证明了混合粒度资源描述的优越性。

参考文献

- 1 Bless R, Werle C. Network virtualization from a signaling perspective. Proceedings of IEEE International Conference on ICC workshop, Dresden, Germany, 2009:1~6
- 2 Khan A, Kellerer W, Kozu K, *et al.* Network sharing in the next mobile network: TCO reduction, management flexibility, and operational independence. IEEE Communications Magazine, 2011,49(10):134~142
- 3 Hoffmann M, Stauffer M. Network virtualization for future mobile networks: general architecture and applications. Proceedings of IEEE International Conference on ICC workshop, Kyoto, Japan, 2011
- 4 EI Barachi M, Kara N, Dssouli R. Towards a service-oriented network virtualization architecture. Proceedings of Kaleidoscope: Beyond the Internet? - Innovations for Future Networks and Services, Pune, India, 2010:1~7
- 5 Wolski M, Osinski S, Gruszczynski P, *et al.* Deliverable DS3. 13.1: Common Network Information Service Schema Specification. Information Society and Media GN2-07-045v4, 2007
- 6 Poliac M O, Wilcox G L. NDL: a network description language for generalized back propagation networks. <http://static.msi.umn.edu/reports/1988/106.pdf>
- 7 Koslovski G P, Primet P V-B, Charao A S. VXD: virtual resources and in-terconnection networks description language.

Proceedings of GridNets 2008, Springer, Heidelberg, 2009

- 8 Dai C, Wang Z. A flexible extension of WSDL to describe non-functional attributes. Proceedings of 2010 2nd IEEE International Conference on e-Business and Information System Security (EBISS), 2010
- 9 Chen G H, Xie K Q, Ma X J, *et al.* G-WSDL: a data-oriented approach to model GIS web services. Proceedings of 2005 IEEE International Geosciences and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Seoul, Korea, 2005
- 10 Xu Y M, Han Y N, Niu W J, *et al.* A reference model for virtual resource description and discovery in virtual networks. Lecture Notes in Computer Science, 2012(7335):297~310
- 11 Decker S, Melnik S, Van Harmelen F, *et al.* The semantic web: the roles of XML and RDF. IEEE Internet Computing, 2000, 4(5): 63~73
- 12 王郁昕, 鲍泓. 基于 UDDI 的语义数据定义及映射. 计算机工程与应用, 2007, 43(11)

[作者简介]



苏喜娟,女,南京邮电大学通信与信息工程学院硕士研究生,主要研究方向为自组织网络和虚拟网络中的资源调度算法。



徐名海,男,博士,南京邮电大学副教授、硕士生导师,主要研究方向为网络经济学。



徐玉,女,南京邮电大学硕士研究生,主要研究方向为异构融合网络的垂直切换技术。



王宇,女,南京邮电大学硕士研究生,主要研究方向为多宿主技术。

(收稿日期:2013-01-14)