

# 智慧协同网络中的服务机理研究

苏 伟,陈 佳,周华春,张宏科

(北京交通大学电子信息工程学院,北京 100044)

**摘 要:** 现有互联网在服务支持方面具有服务命名方式复杂、服务适配过程僵化等严重弊端,难以满足未来互联网的需求,亟待研究新的服务机制.为此,本文在智慧协同网络体系总体模型的基础上,提出了一种新的智慧服务层工作原理与设计方案,包括服务标识的统一命名与服务行为表征方法,服务的注册与查询方法,服务资源的存储方法,服务动态感知方法,以及服务标识到族群标识的智慧映射机制等,实现了服务的普适化和智慧化,显著提升了用户的体验.

**关键词:** 智慧服务; 服务标识; 服务行为表征; 动态适配

**中图分类号:** TP393      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0372-2112 (2013) 07-1255-06

**电子学报 URL:** <http://www.ejournal.org.cn>

**DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2013.07.002

## Research on the Service Mechanisms in Smart and Cooperative Networks

SU Wei, CHEN Jia, ZHOU Hua-chun, ZHANG Hong-ke

(College of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** The current Internet has serious shortcomings in service supporting, such as complicated in service naming, rigid in service allocation, etc, so it can't adapt well to increasing multi-demands of future Internet, and it's necessary to study new Service Mechanisms. Based on the new architecture of smart and cooperative networks, we propose a new model of smart service. First we give the method of service naming and description for service behavior. Second we propose the mechanism of service registering and searching. Third we bring forward the method for service storing and apperceiving. In the end, we give the mapping mechanism between service ID and Family ID. Our new architecture of smart service overcomes the shortcomings of current Internet, and improves user experience.

**Key words:** smart service; service identifier; description of service behaviour; dynamic allocation

### 1 引言

现有互联网采用“沙漏模型”的设计思想,其在服务方面的特征为服务资源与位置绑定.而随着互联网新业务的不断出现和人们对服务要求的不断提高,这种绑定日益暴露出各种严重弊端,如服务命名方式复杂、服务适配过程僵化等.因此,以资源和服务为中心,深入研究服务统一命名、动态适配和智慧获取等机制与理论,创建未来网络的智慧(智能、动态、感知、认知)服务机理,实现服务的普适化与智慧化十分必要.

国际上对未来网络中服务机理的研究极为重视.美国自然科学基金委员会 NSF(National Science Foundation) 2006 年发布并于 2007 年启动了未来互联网设计 FIND(Future Internet Design)<sup>[1]</sup>计划;2007 年欧盟发布了 FIRE

(Future Internet Research and Experimentation)计划<sup>[2]</sup>;2010 年 8 月,美国 NSF 又发布了 FIA(Future Internet Architecture)计划,作为 FIND 研究计划的延续.这些计划中有相当一部分内容与未来网络的服务机制有关,如 FIRE 计划中的 4WARD(Architecture and Design for the Future Internet)项目<sup>[3]</sup>和 PSIRP(Publish-Subscribe Internet Routing Paradigm)项目<sup>[4]</sup>侧重研究未来互联网中内容的命名与分发方式;FIA 计划中的 NDN(Named Data Networking)<sup>[5]</sup>和 XIA(eXpressive Internet Architecture)<sup>[6]</sup>分别研究以内容/服务为中心的网络体系架构和一种支持主机、内容和服务等主体间间接通信的新型网络架构.然而这些研究往往侧重于服务中的某一方面,仍然存在着诸多缺陷,如 NDN 的路由完全依赖内容名字,带来了严重的路由可扩展性问题,并且,NDN 的数据传输效率甚至不如

传统 TCP<sup>[7]</sup>;XIA 侧重于研究未来网络中的主机、内容和服务等主体间的通信模型,而并没有讨论如何实现未来网络中服务资源的动态适配等问题。

国内对未来网络服务的研究也十分重视.比较典型的是 2006 年和 2011 年度国家 973 计划<sup>[8]</sup>分别支持了“一体化可信网络与普适服务体系基础研究”项目<sup>[9-11]</sup>与“面向服务的未来互联网体系结构与机制研究”.其中本文作者在承担的“一体化可信网络与普适服务体系基础研究”项目中,创造性地将网络划分为“普适服务层”和“基础设施层”,并在普适服务层面创新性地引入“服务标识”、“连接标识”以及服务标识与连接标识的解析映射、连接标识与接入标识的解析映射,利用服务标识统一了互联网各种服务接入,提升了服务迁移、服务可靠接入、普适服务等能力.尽管如此,该体系结构仍然面临智慧化的问题。

国外学术界近年来也纷纷撰写论文提出未来网络的服务机制.比较典型的如 2007 年的 DONA (Data-Oriented Network Architecture)<sup>[12]</sup>提出了类似“一体化可信网络与普适服务体系基础研究”项目中服务标识的概念-数据标识.然而,DONA 中的数据/服务名字不包含任何语义,用户仍然必须事先知道某个数据/服务对应的内容名字才能向网络发起请求以获取相应的服务.因此,如何为服务合理命名,在考虑服务查找可扩展性的同时将服务的语义纳入服务标识中,是一大亟待解决的科学问题.总之,当前对未来网络服务理论与机制的研究是一个热点,而已经提出的解决方案尚不能满足未来网络服务的需求,如何为服务合理命名,以及建立合理的服务描述,实现智慧的服务分发、查询、缓存以及服务提供,仍然是当前急需解决的问题。

为此,本文依托国家 973 项目“智慧协同网络理论基础研究”,提出了一种新的智慧服务层工作原理与设计方案,以实现服务的普适化和智慧化。

## 2 新网络体系下智慧服务层总体模型

当前在网络服务提供方面存在着如下三个问题:

- (1) 服务缺乏统一的描述和命名,造成服务提供方式复杂、兼容性差,难以进行统一的控制和管理;
- (2) 服务资源与位置绑定,导致服务提供模式僵化;
- (3) 服务与网络基础设施之间缺乏动态地智慧匹配,既不能充分发挥网络基础设施的性能与作用,又不能满足服务的多维多粒度需求。

因此,本文作者所在 973 项目组在深入研究国内外新一代信息网络体系架构理论的基础上,提出了资源动态适配的智慧协同网络总体架构模型<sup>[13]</sup>.本文将进一步对该模型中的“智慧服务层”架构与机制进行细化.图 1 给出了智慧协同网络中的智慧服务层总体模

型.由图 1 可以看出,整个智慧协同网络包括“智慧服务层”、“资源适配层”和“网络组件层”三个层面.除此之外,又可以分为实体域和行为域,分别描述各层次的功能实体和各自的行为特征。

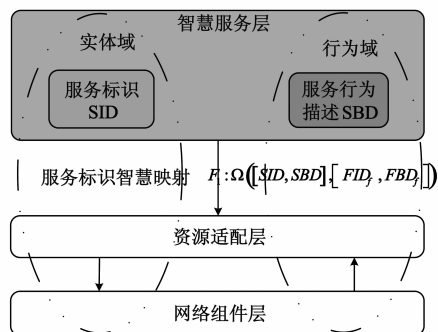


图1 智慧协同网络中的智慧服务层总体模型

“智慧服务层”的主要功能包括:服务的统一命名与描述、服务行为描述、服务的动态智慧匹配等.其中服务标识 SID(Service ID)用来标记一类智慧服务,不仅完成服务的统一命名与描述,而且实现服务的“资源和位置分离”;服务行为描述 SBD(Service Behavior Description)表征服务标识的行为特征,用以形式化描述多维度、多粒度的服务需求,以便网络基础设施更好地为各种不同需求的服务提供支撑;服务标识智慧映射(具体定义见 3.5 节)用于完成某次服务与资源适配层的网络族群(底层的网络组件组合)之间的动态匹配,实现服务和网络基础设施之间的智慧耦合。

“资源适配层”通过感知具体的服务需求与实际网络状态,动态地适配网络资源并构建网络族群,以满足服务需求;“网络组件层”主要负责数据的存储与传输,以及网络组件的行为感知与聚类等.这里的网络组件是各种网络设备的统称,可以包括路由器、交换机、服务器、客户端等;而族群则是具有相似特征或完成某项功能的某些网络组件的聚合。

下面具体阐述智慧服务层的工作机理。

## 3 智慧服务层工作机理

在图 1 所示的智慧服务层总体模型的基础上,本节将全面分析和阐述智慧服务层的工作机理,主要包括以下几部分:服务标识的命名与服务行为表征;服务的注册与查询;服务资源的存储方法;服务动态感知方法;服务标识到族群标识的智慧映射等。

### 3.1 服务标识的命名与服务行为表征

为了实现服务的普适化与智慧化,本文采用服务标识 SID 对服务进行统一命名和描述。

由于现有互联网上的服务种类和数量繁多,扁平化的服务标识将会带来严重的可扩展性问题.因此,本

文拟根据服务的各种属性对服务进行分类,并依据分类结果生成层次化的服务标识,以保证其可扩展性.表 1 给出了常见的网络服务分类.

采用表 1 所示的多维服务分类模型可以提取出大量的服务属性,用以生成服务标识.

表 1 常见的网络服务分类

分类号	分类标准	分类内容描述
1	地区(地域)	国内、国际(分别可按区域进一步细分)
2	内容/服务 提供商可信度	对服务提供者的可信度进行评估,可以分为优秀、良好、一般、差等
3	服务可信度	网络服务的多样化造成其内容影响极大,故需要对网络服务的可信度进行评价和分类,分类标准同上
4	所属网络	根据内容/服务提供商注册的所属网络等进行区分,如中国教育和科研计算机网、中国电信、中国联通等
5	行业类别	服务所处的不同行业,行业性质不同,服务特点也会有所差异,如教育、文化艺术及广播电影电视业;农、林牧、渔业;科学研究和综合技术服务业等
6	服务类型	不同类型的服务,其属性也不同,典型分类见表 2

表 2 对表 1 中的服务类型做了更进一步的描述.

表 2 典型的服务类型

服务类型	接入服务	虚拟空间
	电子商务	网络电话
	宽带多媒体	网络游戏
	BBS	Blog
	即时通信	个人主页
	Email	上传下载
	短信服务	WWW
	在线视频	其他

例如,某个服务的类型是电子商务,内容提供者的可信度为良好,所属网络是中国联通,则其服务标识的生成将依据表 1 中的 2、4、6 这三个分类号.至于服务标识的具体生成函数可以根据实际网络环境和需要来确定.

需要说明的是,表 1 和表 2 中的网络服务分类和表 2 中的服务类型仅仅是举例说明服务属性的提取,并未涵盖所有的服务分类及服务类型;此外,服务标识在具体格式上还需要预留若干位,以保证对未来可能出现的服务提供可扩展性支持.

某些网络服务的属性具有主观性,如服务可信度

等,这些属性的抽象需要考虑具体的应用环境和需求,如某些场景下对服务可信度要求较高,这时抽象的粒度就要细一些.

本文提出的这种服务命名与描述方法不仅实现了多维度、多粒度服务的统一控制与管理,而且具有高度的可扩展性.此外,在智慧服务层中,为了对服务行为进行表征,引入了服务行为描述 SBD 的概念.服务行为描述是在服务命名基础上对服务的进一步描述,分为拓扑描述、性能描述和功能描述等.网络实体服务的行为描述 SBD 可以定义成如下形式:

$$SBD = \begin{bmatrix} \{b_L^{ST}, b_C^{ST}, \dots\}_T \\ \{b_Q^{SP}, b_B^{SP}, b_D^{SP}, b_L^{SP}, b_M^{SP}, \dots\}_P \\ \{b_T^{SF}, b_N^{SF}, b_S^{SF}, b_P^{SF}, \dots\}_F \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)中,T、P、F 分别对应着拓扑行为、性能行为和功能行为.对于 SBD,拓扑信息包括服务位置  $b_L^{ST}$  和服务缓存位置  $b_C^{ST}$  等;性能信息包括质量要求  $b_Q^{SP}$ 、带宽要求  $b_B^{SP}$ 、延时要求  $b_D^{SP}$ 、丢包要求  $b_L^{SP}$  和最佳通信方式  $b_M^{SP}$  等;功能信息包括服务类型  $b_T^{SF}$ 、版本号  $b_N^{SF}$ 、信誉属性  $b_S^{SF}$  和提供者签名  $b_P^{SF}$  等.其中,服务位置和服务缓存位置代表服务所在网络的节点设备描述,用于标记可获得服务的网络位置信息;服务类型是指服务的业务类型,如语音,视频,图片,文件等;服务的信誉属性包括用户对这个服务的感知评估和其他服务的反馈信息;版本信息用于在服务提供商发布新版本时,维持其服务标识不变的情况下更新其版本号;提供者签名则是出于安全性的考虑,用于保证信息的真实性和可靠性.

通过上面的分析可以看出,SBD 在 SID 的基础上,可以精确描述具有多维度、多粒度需求的服务的特征及属性,为网络组件支撑智慧服务奠定了必要的基础.

### 3.2 服务的注册与查询

在智慧协同网络中,通过服务的统一命名实现了服务资源与位置的分离.用户若获取某次服务,必须解决两个关键问题:服务提供者向网络注册服务;用户查询到所需要的服务.为此,本文引入了服务标识查询系统,用以实现智慧(动态、智能)的提供服务与高效的查询服务.图 2 给出了服务注册和查询的方法.

首先,服务提供者必须注册所提供服务的标识 SID 及服务行为描述信息 SBD 到服务标识查询系统,以方便用户查找到相应的服务.其次,在服务的查询方面,当用户请求某个服务时,可通过发出多种不同的服务请求消息到服务标识查询系统,如:(a)精确服务请求消息,即直接提供服务标识信息;(b)模糊服务请求消息,即提供服务行为描述信息;(c)混合服务请求消息,即提供服务标识与服务行为描述部分属性信息的

组合.然后,服务标识查询系统通过服务标识动态查询算法,查询用户所需服务对应的服务标识和服务行为描述信息组合,返回到用户以供其自主选择,最终使得用户可以获得满意的服务.

在实际网络环境中,为了实现上述功能,需要在每个网络族群内设置一个逻辑上的智慧服务解析服务器(ISRS: Intelligent Service Resolving Server),用以管理这个族群本身能够提供的、及其下属族群能够提供的服务,如图3所示.

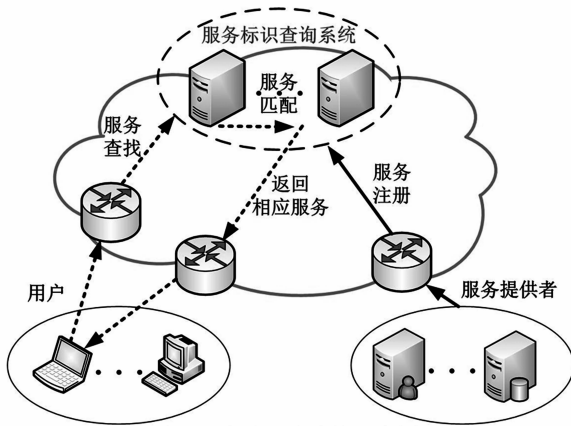


图2 服务注册和查询示意图

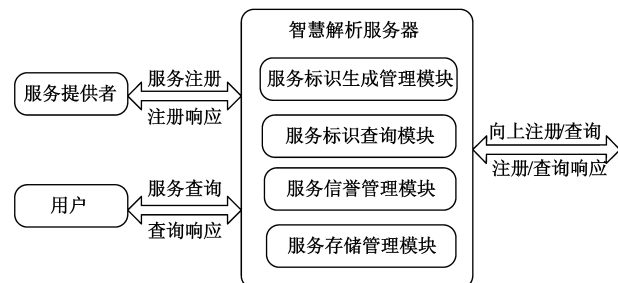


图3 智慧服务注册与查询的流程

在服务注册方面,服务提供者必须将服务的标识 SID 及其服务行为描述信息 SBD 提供给所在族群的 ISRS. ISRS 将上述信息存储在本地数据库中,并向上级和与自身相连的 ISRS 通告服务注册消息,从而完成服务的注册,如图3所示.

在服务查询方面,当一个用户希望获得某个服务时,向其本地 ISRS 发送服务查找请求.用户可发送精确请求即 SID,也可发出模糊请求 SBD,或者 SID 和 SBD 部分属性信息的组合.本地 ISRS 的服务标识查找模块对用户请求进行匹配,如果能精确匹配并且本地网络能够提供该用户需要的服务,则直接为该用户提供服务,返回 SID + SBD.反之,如果本地网络不能提供该用户需要的服务,则将该用户发出的服务查询请求向上一级 ISRS 转发.直到找到用户所需要的服务后,返回 SID + SBD.

在服务标识的注册和查询过程中,服务标识查询系统

处于核心的地位.因此,服务标识查询系统的可靠性及在大规模网络环境下的可扩展性是必须要考虑的问题.在可靠性方面,可以在服务标识查询系统的实际部署过程中采用冗余备份的方案.在可扩展性方面,可以采用层次化的分布式部署方案,这样可以实现服务标识查询系统的分级管理,提高其在大规模网络环境下的可扩展性.

### 3.3 服务资源的存储方法

在传统网络中,服务资源基本上都是采用服务器集中存储的模式.随着三网融合等业务的发展,这种服务资源存储模式日益暴露出越来越严重的缺陷.当大量的用户访问视频业务资源时,会消耗海量的网络带宽及交换路由设备的资源,不仅严重影响网络的正常运转,而且也大大降低了用户的体验.

本文引入服务标识来表征网络服务资源,服务标识并不随着服务资源的位置发生变化,实现了资源与位置的分离.因此,在智慧协同网络中,可以根据服务资源的属性和用户的偏好采用合理的服务资源存储方法:集中式存储和分布式存储.

例如,数据量相对较小的邮件服务等可以仍旧采用服务器集中存储的模式;数据量较大但用户访问频率较低的业务也可以采用服务器集中存储的模式;数据量较大且用户访问频率很高的业务可以采用分布式存储的模式.表3给出了一种典型的服务资源存储策略.

表3 一种典型的服务资源存储策略

服务资源数据量 \ 用户访问频率	用户访问频率	
	低	高
大(具有带宽消耗高等特征)	集中式存储	分布式存储
小(具有带宽消耗低等特征)	集中式存储	集中式存储

实际中的服务资源存储策略可以考虑多维度的用户需求和服务资源属性如实时性等.

下面以视频业务为例,介绍一种服务资源的分布式存储方法.

图4给出了一种视频业务资源的存储方法.图中的 NSC 表示网络交换组件(Network Switching Component), SSC 表示服务存储组件(Service Storing Component).距离客户端最近的本地 SSC 上,存储用户访问量最高的热点视频业务;如果有用户访问的服务属于次热点视频业务,在本地 SSC 上没有,那么它可以访问上一级 SSC;如果上一级 SSC 也没有,可以继续向上访问,直到最终的视频服务器.

将服务标识所代表的服务 \ 数据在网络中进行缓存的策略,使得用户能够就近获取服务,而无须访问远端服务器.这种服务资源存储机制能够大大减少网络的服务时延、降低流量等,从而有效的提高网络资源利用率.实际网络环境中,针对网络资源的有限性和服务

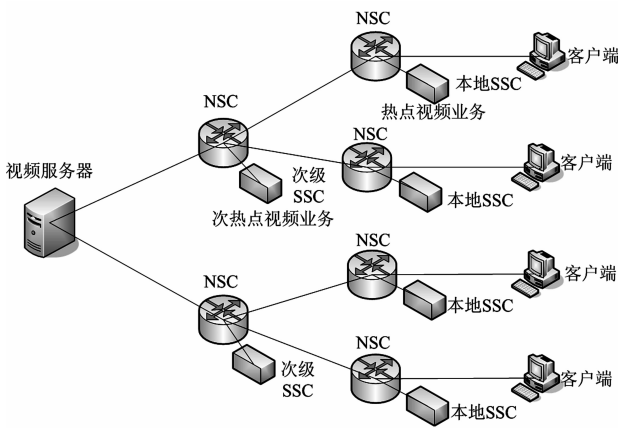


图4 一种视频业务资源的分布式存储方法

资源的随机性,需要在具体的服务资源存储机制中进一步采取优化措施,如服务资源的分片存储等。

### 3.4 服务动态感知方法

研究服务动态感知方法,科学合理地感知服务需求和服务行为变化,是实现智慧服务的重要保证.服务动态感知测量主要包含以下三个方面:

(1)服务提供者应该感知测量用户的需求,根据用户的服务请求行为,为用户提供个性化的服务。

(2)网络组件转发用户服务请求时,感知用户需求服务的服务描述信息,并将相关信息通告服务标识查询系统(见图5);该系统通过统计服务请求的分布特征,对服务的流行度等进行测量,以确定其流行度等级。

网络组件对流经的服务数据进行感知,提取出对应的服务标识及服务行为描述信息,并根据服务流行度等级确定是否缓存该服务;若需要缓存,则该网络组件发送通告消息到服务标识查询系统,注册其组件标识信息及所缓存服务的服务标识与服务行为描述信息.服务标识查询系统通过分析收集到的服务标识及

网络组件信息等,为用户选取合适的网络组件以提供相应服务,从而获得良好的用户体验.如图5中,服务标识查询系统为用户选取网络组件NID(Node ID,组件标识)1和NID2,就近为用户提供服务。

(3)动态感知服务行为变化,并提取相应的服务行为描述信息,为合理分配网络资源提供必要的依据。

### 3.5 服务标识到族群标识的智慧映射

服务标识到族群标识的映射的主要作用是为智慧服务寻求最佳的族群功能模块,以协同调度网络资源,提高服务获取的灵活性,实现资源的动态适配.服务标识到族群标识的智慧映射定义如下:

$$\begin{bmatrix} \widetilde{FID}_1 \\ \widetilde{FID}_2 \\ \dots \\ \widetilde{FID}_s \end{bmatrix} \triangleq \Omega \left( [SID, SBD], \begin{bmatrix} FID_1, FBD_1 \\ FID_2, FBD_2 \\ \dots \\ FID_f, FBD_f \end{bmatrix} \right) \quad (2)$$

式(2)中,  $\widetilde{FID}_1 \sim \widetilde{FID}_s$  为被选出的  $s$  个族群功能模块的族群标识(FID, Family ID);  $[SID, SBD]$  表示指定服务的服务标识和服务需求行为描述;  $FID_i, FBD_i$  为预先生成的第  $i$  个族群模块的族群标识、族群行为描述(FBD, Family Behavior Description);网络中一共拥有  $f$  个待选族群模块;  $\Omega[\ ]$  是行为匹配映射函数.本式的主要功能为,通过匹配所需服务的服务行为描述和网络中全部族群模块的族群行为描述,智慧(动态、智能)选择若干个合理的族群模块,以协同调度网络资源。

如图6所示,某个视频服务的服务标识为  $SID_1$ ,该服务对带宽的要求为  $b_1$ ,时延要求为  $d_1$ ,信誉度要求为  $s_1$ ,其他方面无要求,按照式(1),其SBD为

$$SBD_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ \{b_1, d_1\} \\ \{s_1\} \end{bmatrix}$$

假设网络中有三个候选族群模块,其族群标识和族群行为描述分别为  $(FID_1; FBD_1)$ 、 $(FID_2; FBD_2)$ 、 $(FID_3;$

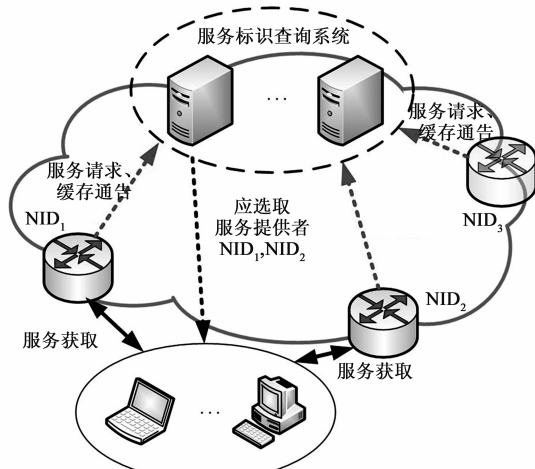


图5 服务动态感知示例

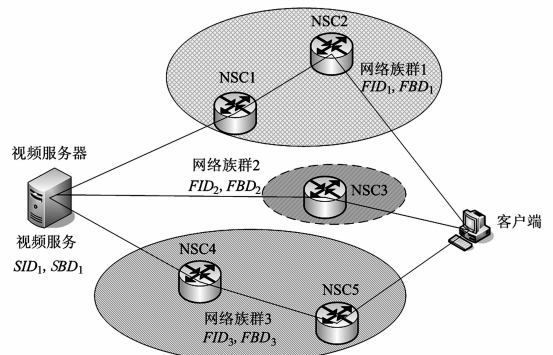


图6 服务到族群映射的例子

$FBD_3$ ). 设  $\Omega[\ ]$  匹配映射函数是一个带宽约束函数, 优先选择具有路径最小带宽的族群, 而这个三个族群中网络族群 3 具有最大的路径最小带宽, 则最终的匹配结果是  $\widetilde{FID}_3$ , 即选择网络族群 3 来提供服务.

通过以上分析不难看出: 智慧服务层利用服务标识和服务行为描述对各种服务进行统一的命名、注册和查询, 实现服务的普适化和智慧化; 并通过服务标识到族群标识的智慧映射, 为合理分配网络资源提供依据, 从而显著提升用户体验.

## 4 结论与展望

本文在智慧协同网络体系总体模型的基础上, 提出了一种新的智慧服务层工作原理与设计方法, 包括服务标识的统一命名与服务行为表征方法, 服务的注册与查询方法, 服务资源的存储方法, 服务动态感知方法, 以及服务标识到族群标识的智慧映射机制等, 实现了服务的普适化和智慧化, 显著提升了用户的体验.

目前, 本文在智慧服务机理方面还只是进行了初步的研究, 尚有以下问题需要解决:

- (1) 服务标识查询系统的可扩展性问题;
- (2) 服务资源的存储方法尚需进一步智慧化;
- (3) 进一步优化服务标识到族群标识的智慧映射机制.

## 参考文献

- [1] FIND[OL]. <http://www.nets-find.net/>.
- [2] FIRE[OL]. <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/>.
- [3] 4WARD[OL]. <http://www.4ward-project.eu/>.
- [4] PSIRP[OL]. <http://www.psirp.org/>.
- [5] Named Data Networking[OL]. <http://www.named-data.net/>.
- [6] XIA-eXpressive Internet Architecture[OL]. <http://www.cs.cmu.edu/~xia/>.
- [7] V Jacobson, D K Smetters, J D Thornton, et al. Networking named content[A]. Proc of CoNEXT[C]. USA: ACM, 2009. 1 - 12.
- [8] 973 Program[OL]. <http://www.973.gov.cn>.
- [9] 张宏科, 苏伟. 新网络体系基础研究——体化网络与普适服务[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 593 - 598.  
Zhang Hongke, Su Wei. Fundamental research on the architecture of new network—universal network and pervasive services [J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(4): 593 - 598. (in Chinese)
- [10] 董平, 秦雅娟, 张宏科. 支持普适服务的一体化网络研究[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 599 - 606.  
Dong Ping, Qin Yajuan, Zhang Hongke. Research on universal network supporting pervasive services [J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(4): 599 - 606. (in Chinese)

- [11] 杨冬, 周华春, 张宏科. 基于一体化网络的普适服务研究[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 607 - 613.

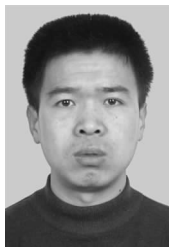
Yang Dong, Zhou Huachun, Zhang Hongke. Research on pervasive services based on universal network[J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(4): 607 - 613. (in Chinese)

- [12] T Koponen, M Chawla, B G Chun, et al. A data-oriented (and beyond) network architecture[A]. Proceedings of SIGCOMM [C]. USA: ACM, 2007. 181 - 192.

- [13] 张宏科等. 互联网架构及其互联网服务方法和系统[P]. 专利申请号: 201210088925.7, 2012.

Zhang Hongke, et al. Internet Architecture and its service method and system [P]. Patent Application No: 201210088925.7, 2012. (in Chinese)

## 作者简介



苏伟男, 1978年出生于河北省景县, 博士, 北京交通大学副教授, 主要研究方向为新一代信息网络关键理论与技术, 主持或参与多项国家自然科学基金、863、973项目.

E-mail: wsu@bjtu.edu.cn



陈佳女, 1983年出生于辽宁沈阳, 2010年4月取得伦敦大学学院电子电气工程系博士学位. 现为北京交通大学电子信息工程学院教师. 目前主要研究方向包括新一代信息网络体系结构等.

E-mail: chenjia@bjtu.edu.cn



周华春男, 1965年8月生于安徽, 博士, 教授, 北京交通大学电子信息工程学院副院长, 主要研究方向为移动互联网、网络与信息安全等, 主持国家科技重大专项等多项科研项目.

E-mail: hczhou@bjtu.edu.cn



张宏科男, 1957年9月出生于山西大同, 北京交通大学教授, 博士生导师, 主要研究方向为下一代信息网络关键理论与技术. 作为首席科学家主持国家973项目“智慧协同网络理论基础研究”的研究工作.

E-mail: hkzhang@bjtu.edu.cn