



电信网络资源建模方法

林原¹, 王彦斌^{1,2}, 张辉², 杨家海²

(1. 中央民族大学信息工程学院, 北京 100081; 2. 清华大学网络空间研究院, 北京 100084)

摘要: 构建资源信息模型是运营商对电信网络中资源进行有效管理的基础和前提。提出了一种以组网方式为基础, 以端口为核心的电信网络资源建模方法。该方法将建模过程分为确定网络、识别节点、标识连接、细化设备、描述能力、空间发现以及模型描述 7 个步骤, 并给出了挖掘实体间关系的详细流程。以该建模方法为指导, 构建了 LTE 资源信息模型, 证明了建模方法的有效性。并且, 从类的复杂度、继承树深度宽度比和类间耦合性几个方面对所构建的 LTE 信息模型进行了客观评价, 结果表明该模型具有较高的质量。

关键词: 电信网络; 信息模型; 建模方法; LTE

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016018

Modeling method of telecommunication network resources

LIN Yuan¹, WANG Yanbin^{1,2}, ZHANG Hui², YANG Jiahai²

1. School of Information Engineering, Minzu University of China, Beijing 100081, China

2. Research Institute of Network Science & Cyberspace, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: Based on the well designed resource information model, the telecom operators can effectively manage the telecom network resource. A resource modeling methodology was proposed. The modeling methodology was based on the network topology and the port. The modeling process was divided into seven sub-processes: network analysis, network node identification, connection identification, equipment description, ability description, space resource analysis and model expression. In addition, a discussion on the relationships between entities had been made. Based on the modeling methodology, the LTE resource information model was constructed. Therefore, the validity of the modeling methodology was proven. Moreover, the LTE resource information model was objectively evaluated through three aspects: the complexity of the class, the ratio of depth and width of the inheritance tree and the coupling degree between classes. Results show that this model is high-quality.

Key words: telecommunication network, information model, modeling methodology, LTE

1 引言

随着通信技术的不断发展及用户需求的不断增多, 电信业务逐步向综合化、智能化、多样化方向发展。单纯地依

靠某一专业网络已不能为用户提供丰富多彩的个性化服务。因此, 如何对全网络资源进行统一管理和调度, 构建跨专业网络综合资源管理及业务运营分析系统是各运营商必须解决的问题。构建信息模型是网络管理系统建设的基

收稿日期: 2014-11-18; 修回日期: 2015-12-17

基金项目: 教育部—中国移动科研基金资助项目(No.MCM20123041)

Foundation Item: The Research Fund of the Ministry of Education and China Mobile(No.MCM20123041)

基础和前提。一个好的信息模型可以极大地提高网络管理系统建设的效率,有力地保证系统的可伸缩性;相反,一个不好的信息模型则会导致相应的系统建设效率低下,建成的网管系统无法满足实际的管理需求。

SID^[1](shared information data model)是TMF提出的构建共享信息模型的通用框架,为各运营商构建网络资源信息模型提供了参考。参考文献[2]分析了SID的模型结构,由此推导出了电信网的资源模型结构,并采用面向对象的方式来描述网络中的各类资源。但并没有给出真正意义上的建模方法。参考文献[3]根据数据的来源、功能和支撑业务的不同,将网络数据分为了基础网络数据维、运行支撑数据维和业务流程数据维。并将建模过程分解为数据抽象、模型表示和关系挖掘3个步骤。但这3个步骤描述过于简单抽象,无法指导实际的建模工作。参考文献[4]在SID的基础上,构建了电信网络资源基础元模型。该元模型具有较好的通用性和扩展性。然而,并没有给出从元模型到各专业网络模型的扩展方法。

针对上述不足,在参考文献[4]的基础上,提出了一种以组网方式为基础,以端口为核心的电信网络资源建模方法,详细描述了建模的每一个步骤。依据该建模方法,建模人员对电信网络中的资源进行统一建模,以实现全网资源的统一调度和综合管理。为了验证该建模方法的有效性,依据该方法构建了LTE(long term evolution)资源信息模型。并且从类的复杂度、继承树深度宽度比和类间耦合性3个方面对所构建的LTE信息模型的质量进行了客观的分析。

2 电信资源建模方法

本文所提出的资源建模方法采用从总体到局部,以端口为核心,逐步扩展的建模思维。具体流程如图1所示。

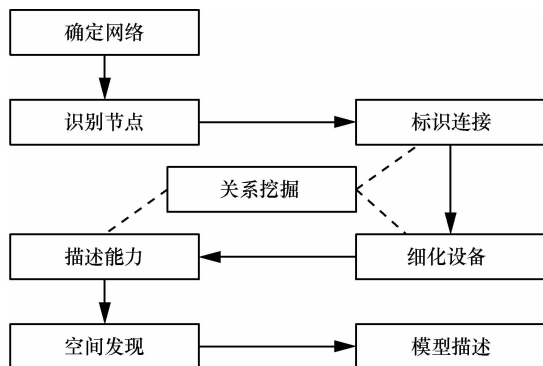


图1 电信网络资源建模流程

2.1 确定网络

电信网具有明显的分层结构,如图2所示,从上到下依次可分为业务层、传送层和物理层。业务层为用户直接提供业务。传送层利用传输设备的解复用功能提供远距离通信的透明通道。传送层中节点之间的中继链路又由物理层的光缆、电缆或微波所承载。不仅在不同专业网络间存在分层关系,在同一专业网络中也有明确的层次,各专业网络基本上又可以分为接入层、骨干层、核心层等。因此,建模的首要任务是分析网络的组网方式,确定其由哪些层次组成以及所承载的业务。

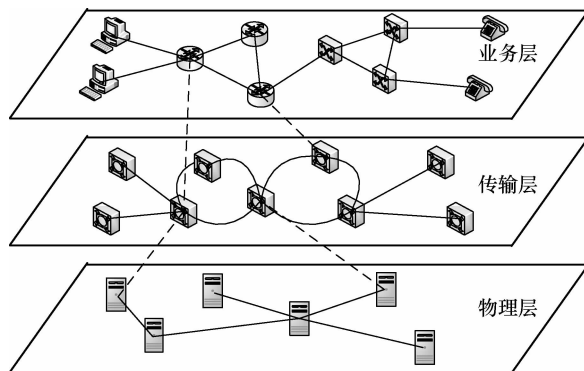


图2 电信网分层结构

2.2 识别节点

该步骤的目的是根据组网方式,识别出网络中的节点。本文所说的网络节点是一个复合资源。所谓复合资源是指将物理资源和相应的逻辑资源结合起来,真正能进行通信的功能实体。因此,网络节点是一个同时具有物理特征、逻辑特征或空间特征的可管理实体。例如,“基站”是一个典型的节点示例,它是BTS(base transceiver station)硬件设备、天线、铁塔等物理资源的集合,也是站址、小区、载频号、逻辑端口等空间资源或逻辑资源的集合。

2.3 标识链接

根据识别出的网络节点,分析节点间的关系。并根据节点之间的关系,将节点进行连接。在每个连接的两端均生成独立的端口,从而构成基础的网络结构模型。此处的端口既包含物理端口,也包含逻辑端口。端口是网络中设备连接的端点,以端口为核心对网络资源进行建模,可以清晰地描述网络拓扑,避免信息的丢失。

2.4 细化设备

上述几步是从复合资源的角度对网络进行整体上的描述。此步是以网络节点的物理端口为核心,对网络进行物理层面的细化,包括如下细化内容。



- 该物理端口所在的设备容器,如板卡、槽位、机框、机盘、机柜、机架等。
- 与该物理端口直接相连的物理连接,如双绞线、光缆、光线等。

2.5 描述能力

本步骤是从逻辑资源的角度对网络进行描述。逻辑资源描述了网络以及网络中不可见的逻辑实体及相互关系。因此,逻辑资源在网络资源信息模型中被视为资源的“大脑”,反映资源所承载的业务。所以,可以通过逻辑资源表达网络的相关能力,具体的细化内容如下。

- 逻辑连接,如两个 MSC (mobile switching center) 之间的话路中继、SDH (synchronous digital hierarchy) 的线路时隙等。与逻辑端口相关联的逻辑连接表示了两端口间消息传递的逻辑实体。
- 与逻辑端口相关的物理端口。通常,逻辑端口会与物理端口绑定在一起,这种绑定关系描述了网络拓扑模型的各组成部分是如何细化和分工的。

2.6 关系挖掘

在进行以上步骤时,都需要判定实体间的关系。根据 UML (unified modeling language) 2.0, 实体之间的关系可分为依赖、关联、继承、聚合和组合。关系挖掘的具体流程如图 3 所示。

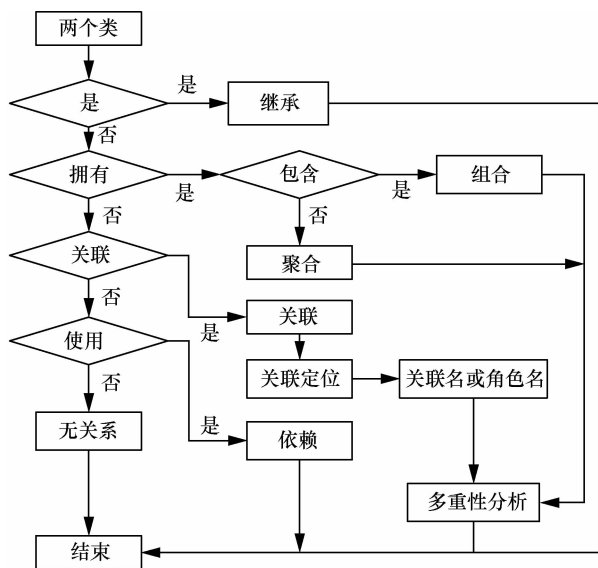


图 3 实体间关系挖掘示意

- 如果两个类之间存在“是”的描述,那么这两个类之间存在一种关系——继承。在继承关系中“是”后面的类称为父类,前面的类称为子类。

- 聚合是关联关系的一种特例,它体现的是整体与部分的关系,即“拥有”的关系。此时整体与部分之间是可分离的,它们可以具有各自的生命周期,部分可以属于多个整体对象,也可以被多个整体对象共享。
- 组合关系体现的是一种“包含”的关系,这种关系比聚合关系更强,也称为强聚合,它同样体现整体与部分的关系。但此时整体与部分是不可分的,整体的生命周期结束也就意味着部分生命周期结束。
- 如果两个类之间存在“关联”关系,那么它们之间的关系为关联关系。关联关系标识两个类之间存在某种语义上的关联。它是一种结构关系,规定了一种事物对象可以与另一种事物的对象相连。
- 关联定位:当连接的某一端是一个一般—特殊结构时,要考虑连接线应该连接到结构中的哪个类符号上。原则是:如果这个关联适应结构中的每一个类的对象实例,则应该连接到一般类上;如果只适合其中某些特殊类,则应该连接到相应的特殊类上。
- 给出关联名角色名:给关联取一个适当的名字,以表示这个关联描述了一种什么关系。
- 多重性分析:对于每个关联,从它每个端点上的类来考察,看本端的一个对象实例可以和另一端的多少对象实例发生关联,以确定另一端对象实例的数据约束,把分析结果标注到连接线的另一端。确定关联的多重性对于清晰地描述一个关联是必不可少的重要步骤,对关联的实现也至关重要。
- 当要指明一个事物使用另一个事物时,即“使用”,就使用依赖关系。

2.7 空间发现

空间资源主要包括安装网络设备的地域以及网络管理所划分的逻辑区域,如行政管理区域、维护管理区域、站点、机房等。

2.8 模型描述

实体及实体关系分析完成后,应采用模型化语言将其定义和描述。为使信息模型具有较强的通用性和可移植性,应采用语义透明的模型描述语言。UML 是一种定义良好、易于表达、功能强大且普遍适用的建模语言。因此,建议采用 UML 作为模型描述语言。

3 LTE 信息模型

图 4 为参考文献[4]所描述的部分网络资源元模型,可

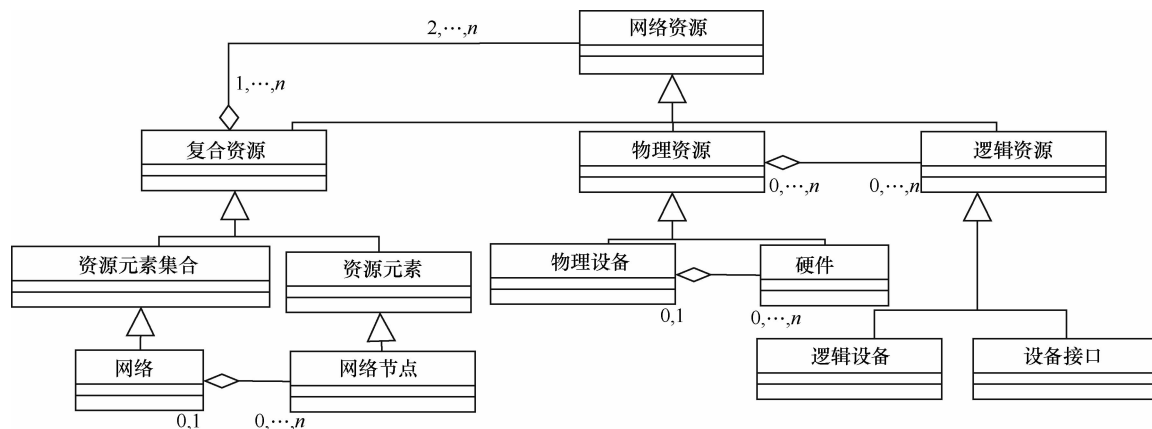


图4 网络资源元模型

以此元模型的基础上,根据提出的建模方法进行逐步扩展,从而构建LTE网络资源信息模型。根据图5可知,LTE网络由两部分组成,分别是EPC (evolved packet core)和E-UTRAN(evolved universal terrestrial radio access network)。因此,对LTE网络中的资源建模涉及核心网和无线网两个专业网络。并且,其所承载的业务包括信令和话务。LTE网络是一种具体的网络,因此“LTE网络”实体可继承自图4中的“网络”实体。

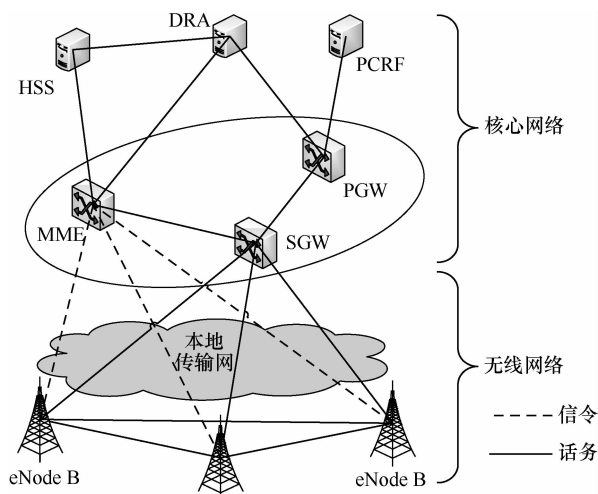


图5 LTE组网方式

根据LTE组网方式可知,LTE网络节点总体上可分为LTE无线网节点和LTE核心网节点。具体包括DRA (diameter routing agent)、HSS (home subscriber server)、PCRF (policy and charging rule function)、MM (mobility management entity)、SGW(serving gateway)、PGW(PDN gateway)、eNode B。并且在实际中,SGW和PGW常被SAE-GW (system architecture evolution gateway)代替。SAE-GW是SGW和PGW的合设网元,同时具备SGW和PGW两种网

元设备的功能。HSS又分为集中式和分布式两种。其中,集中式HSS负责对业务进行逻辑处理,同时存储用户数据;分布式HSS将业务逻辑与数据分离,下挂FE(front end)和BE(back end)两个物理实体。为了满足系统负荷均衡分担和设备的容灾性,在LTE网络中引入了pool的概念,一个MME pool由多个MME组成。对于SGW、SAE-GW、PGW同样定义了SGW pool、SAE-GW pool、PGW pool。以上所描述的LTE网络节点根据其所属的不同专业网络,分别继承自“LTE无线网节点”实体和“LTE核心网节点”实体。而“LTE无线网节点”和“LTE核心网节点”均继承自元模型中的“网络节点”。

以上是从复合资源的角度对LTE网络资源进行建模。实际中,LTE网络节点包含许多物理设备,物理设备又包含硬件。因此,一个LTE核心网节点包含多个LTE核心网物理设备。而一个LTE核心网物理设备也包含多个LTE核心网硬件,如板卡、机槽、机框等。LTE无线网节点也同样如此。

根据图5可知,eNode B没有直接与核心网设备相连,而是由传输网承载。因此,可以从逻辑角度描述它们之间的连接关系、设备接口以及所承载的话务和信令业务。根据安装网络设备的地域以及网络管理所划分的逻辑区域,可生成机房、铁塔等实体。

在确定上述实体间的关系时,可根据图3所示的关系挖掘流程进行判定。最后,采用UNL语言对上述实体及实体间关系进行了描述。完整的LTE资源信息模型如图6所示。该模型完整地描述了LTE网络中资源实体及实体间的关系。并且,信息模型与物理模型相比具有通用性、可移植性等特点,其应用不依赖于具体的平台。虽然元模型具有较好的通用性和可扩展性,但往往过于抽象,在实际使用时,需要对其进行扩展。

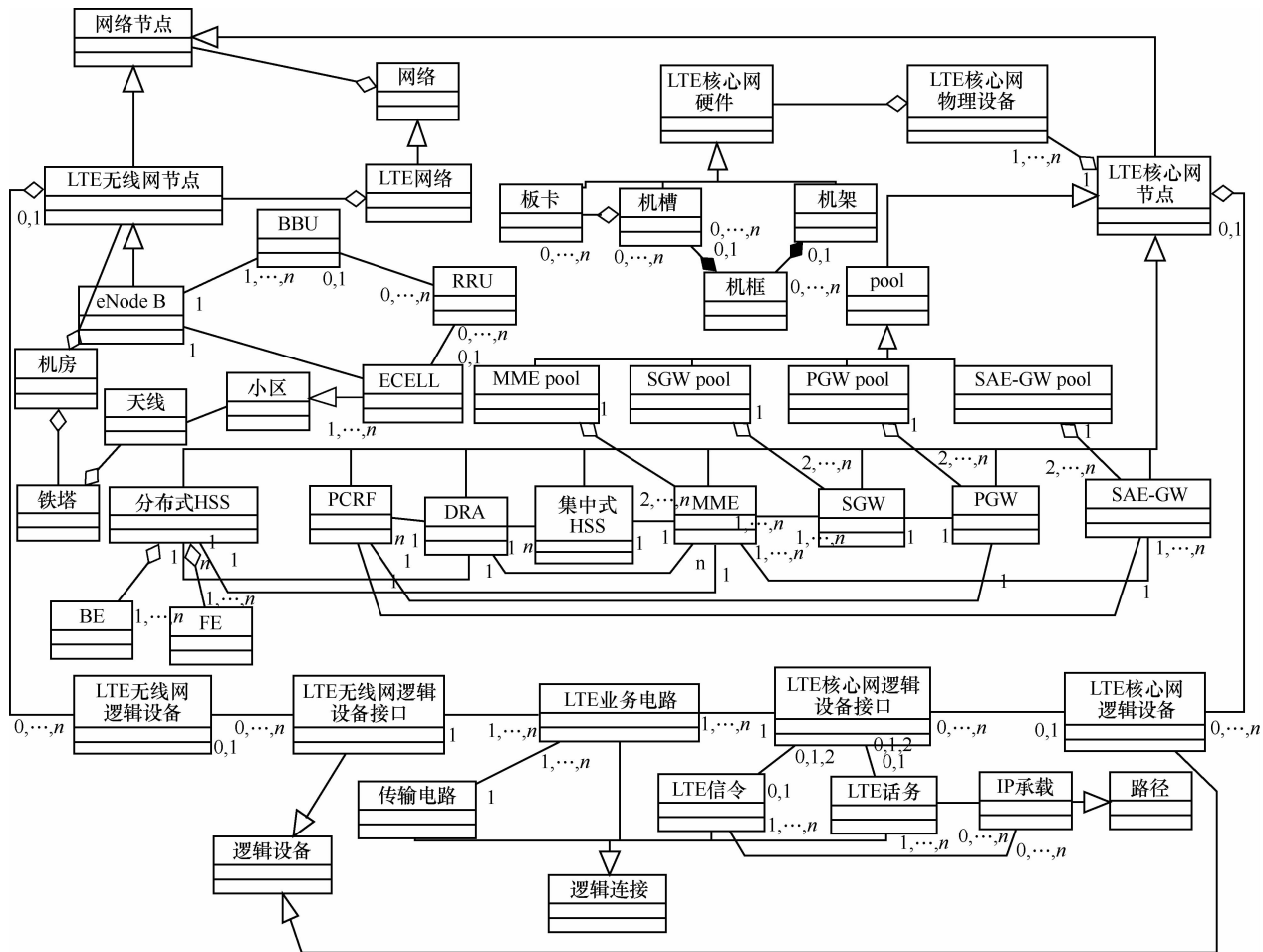


图6 LTE资源信息模型

4 模型分析

为了对信息模型的质量进行客观的分析,本文参考黄鹂声等^[5]提出的信息模型质量评价方法,并结合实际情况,从类的复杂度、继承树深度宽度比和类间耦合性3个方面对所构建的LTE信息模型进行了评价。

(1) 类的复杂度

类的复杂度又称建模粒度一致性,主要评价类粗细的一致程度。统计每个类的内部元素(属性、动作、通知等),分别记为 $R_1, R_2, \dots, R_n$,其中 n 表示模型中类的个数。其计算过程如下所示:

- 计算 $R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$, R 为 n 个类内部元素的均值;
- 计算 $D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^2$, D 为方差,用于表示模型中所有类的建模粒度是否基本在同一等级上;

- 计算 $K = 1 - \frac{\sqrt{D}}{R}$, K 表示建模粒度一致程度。 K 越大,

表明一致性越好, K 的最大值为 1, 若 $K < 0$, 则 $K = 0$ 。

(2) 继承树深度宽度比

在信息模型中,类之间往往存在继承关系。对于一个模型,其对象之间的继承树是固定的,某一棵继承树的DIT (depth of inheritance tree) 指标为从该继承树的根节点到叶子的最大跳数;某一棵继承树的WIT (width of inheritance tree) 指标为该树中所有父节点的直接孩子数的最大值。继承树深度宽度比的计算过程如下:

- 计算模型中每一棵继承树的DIT指标,分别记为 $D_1, D_2, \dots, D_n$, n 为模型中类的个数;
- 计算模型中每一棵继承树的WIT指标,分别记为 $W_1, W_2, \dots, W_n$;
- 求该信息模型的继承树深度 $D = \max(D_1, D_2, \dots, D_n)$ 及继承树宽度 $W = \max(W_1, W_2, \dots, W_n)$;

- 计算继承树的深度宽度比 $DB = \frac{D}{W}$;
- 取一个适合用户的理想深度宽度比 R , 通常 R 的取值范围建议为 0.1~0.3。计算继承树的深度宽度比评分 $S = 1 - \frac{|R - \min(2R, DB)|}{R}$ 。通常, 计算出的继承树深度宽度比不应超出预期值 R 的两倍。

(3) 类间耦合度

类间耦合度主要评测类之间的耦合程度。这里的耦合程度是由类间的关联关系产生的。类间耦合与管理对象类的设计相关, 耦合越低, 表明单个管理对象类的封装性越强, 独立性越好。计算过程如下:

- 统计与某个类有关联关系的其他类的个数 R_i ;
- 对模型中的每一个类都采用如上方法, 得到 $R_1, R_2, \dots, R_n$;
- 计算 $R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$, R 表示整体类间耦合度量值;
- 计算 $COS = 1 - \frac{R}{n}$, COS 为类间耦合度评分。

(4) 总体评分

信息模型的整体评分为上述 3 项评分指标的平均值, 即

$$OS = \frac{K + S + COS}{3}。OS \text{ 值越高, 说明被评价模型的质量越高。}$$

根据上述的模型评价指标, 设理想的深度宽度比 R 为 0.3, 对所构建的 LTE 资源信息模型进行评价, 评价结果如图 7 所示。其中, 复杂度评分为 0.896 6, 继承树深度宽度比评分为 0.750 0, 类间耦合度评分为 0.963 3, 总体得分为 0.870 0。因此, 采用本文所提出的电信网络资源建模方法所构建的 LTE 资源信息模型具有较高的质量。

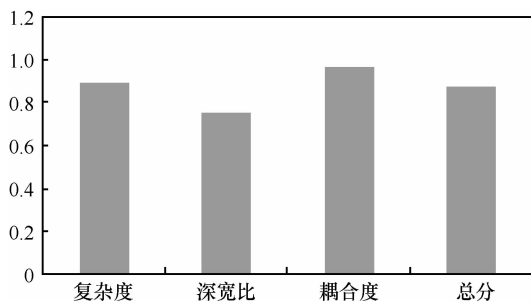


图 7 模型评价结果

5 结束语

SID 对电信网络资源基础元模型有较为完整详细的介绍。各运营商可以参考 SID 构造出适合自己的元模型。然

而, 元模型是对不同专业网络资源的概括和抽象, 不涉及各专业网络资源的特征。在现有网络资源基础元模型的基础上, 结合专业网络的特征生成专业网络资源信息模型并非易事, 难以实现对全网资源的有效管理。并且, 运营商在理论上并没有具体的建模方法来指导从网络资源基础元模型到专业网络资源信息模型的派生过程。本文根据电信网络的组成结构, 提出了以端口为核心的网络资源建模方法, 给了建模过程的具体步骤。并根据某运营商的实际情况, 构建了 LTE 资源信息模型。并且对模型进行了定量分析, 给出了客观的评价结果。因此, 该建模方法可以有效地指导各专业网络资源及综合网络管理系统信息模型的建设。

参考文献:

- [1] Information framework primer: TM Forum. GB922 0-P. : 2011[SOL]. [2014-02-20]. http://wenku.baidu.com/link?url=Tn0OLo4ssYMEwaow7YoNZrM46yGhax29kqVEMe4JY23Rh1ezrqMxhHc2S4Zeep51t_YWHbKasnPkwpypE-Ul3BUJlrGvaK-gDsLe7HwWZ1i.
- [2] 魏丽红, 蔺思涛, 丁涌, 等. 资源管理 SID 建模方法及在网络管理系统中的应用 [J]. 北京邮电大学学报, 2004, 27(6): 90-96.
WEI L H, LIN S T, DING Y, et al. SID-the modeling method of resources and the application on network management system[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2004, 27(6): 90-96.
- [3] 高志鹏, 邱雪松, 芮兰兰. 新的基于 SID 的管理信息建模方法[J]. 北京邮电大学学报, 2006, 29(S1): 112-116.
GAO Z P, QIU X S, RUI L L. A novel modeling methodology of management information based on SID [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2006, 29 (S1): 112-116.
- [4] 罗枫, 杜雪涛, 马智. 全业务运营环境下的网络资源统一建模及应用[J]. 电信科学, 2009(S2): 4-8.
LUO F, DU X T, MA Z. The unified modeling and application of telecommunication network resources in the full service operation environment[J]. Telecommunication Science, 2009(S2): 4-8.
- [5] 黄鹏声, 魏丽红, 聂宇田, 等. 一种面向运营商 OSS 域的信息模型质量评价方法: 2014102689752[P]. 2014-06-17.
HUANG L S, WEI L H, NIE Y T, et al. The method for evaluating the quality of information model in the OSS: 2014102689752[P]. 2014-06-17.
- [6] 韦乐平. 网络的分层分割与扁平化趋势 [J]. 电信科学, 2000, 16(6): 1-5.
WEI L P. Network layering and partitioning and delayering

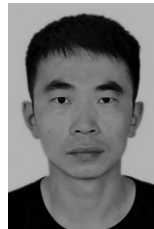


- trends[J]. Telecommunication Science, 2000, 16(6): 1-5.
- [7] TMN specification support: ITU.P609:1997[S/OL]. [2014-10-5]. <http://archive.eurescom.eu/~pub-deliverables/p600-series/p609/D4/Vol1/vol1.pdf>.
- [8] STRASSNER J, WON-KI HONG J, KANG K. A framework for modeling and reasoning about network management resources and services to support information reuse[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Information Reuse & Integration, August 10-12, 2009, Las Vegas, Nevada, USA. New Jersey: IEEE Press, 2009: 85-90.
- [9] OGAKI K, MIYAZAWA M, HAYASHI M, et al. Integrating heterogeneous IT/network management model using linked data [C]//Proceedings of IEEE International Symposium on Integrated Network Management, May 27-31, 2013, Ghent, the Kingdom Of Belgium. New Jersey: IEEE Press, 2013: 768-771.
- [10] OK K, HONG D W, CHUNG B D. Design methodology of operations supporting systems based on TMForum NGOSS[C]//Proceedings of Global Telecommunications Conference, November 30-December 4, 2008, New Orleans, Louisiana, USA. New Jersey: IEEE Press, 2008:1-5.
- [11] BRENNER M, SCHAAF T, SCHERER A. Towards an information model for ITIL and ISO/IEC 2000 processes [C]//Proceedings of IEEE International Symposium on Integrated Network Management, June 1-5, 2009, Long Island, NY, USA. New Jersey: IEEE Press, 2009: 113-116.
- [12] DAHO Z B, SIMONI N, CHEVANNE M. An information model for service and network management integration: from needs towards solutions [C]//Proceedings of IEEE Network Operations and Management Symposium, April 23, 2010, Seoul, Korea. New Jersey: IEEE Press, 2004: 527-540.
- [13] CHEN I Y, NI G K, KUO C H. A service-oriented management framework for telecom operation support systems[C]//Proceedings of 7th International Conference on Service Systems and Service Management(ICSSSM), June 28-30, 2010, Tokyo, Japan. New Jersey: IEEE Press, 2010: 1-5.

[作者简介]



林原(1955-),男,中央民族大学信息工程学院计算机系主任、副教授,CCF会员,主要研究方向为网络管理、计算机应用。



王彦斌(1988-),男,中央民族大学信息工程学院硕士生,主要研究方向为网络管理。

张辉(1973-),男,清华大学网络空间研究院高级工程师,主要研究方向为网络管理、网络测量、网络安全。

杨家海(1966-),男,博士,清华大学网络空间研究院研究院博士生导师,CCF高级会员,主要研究方向为网络管理、网络测量、云计算。