

广播型网格^{*}

马建国^{1,2} 李在铭¹

(电子科技大学通信与信息工程学院 成都 610054)¹

(西南科技大学信息与控制工程学院 绵阳 621010)²

摘要 网格研究正在得到学术界的广泛重视,其体系结构研究是网格技术重要的研究内容。本文研究了目前网格技术研究现状,根据万维网的“无尺度”特性,从实际的应用需求出发,提出了广播型网格的拓扑模型,建立了广播型网格的沙漏模型。最后以远程教育网格为应用对象,进行了实验室的缩比实验。实验结果证明了广播型网格的可行性。

关键词 网格,广播型网格,信息共享,UCL

Broadcasting Grid

MA Jian-Guo^{1,2} LI Zai-Ming¹

(University of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 610054)¹

(Southwest University of Science & Technology, Mianyang 621010)²

Abstract The grid technology is a hotspot in academic circles. The architecture design is the basis for constructing the grid system. Based on the existing grid technologies, the dilemma of grid technology is analyzed. The new architecture of broadcasting grid is built in view of information sharing theory and Scale-Free Networks, and the sandglass pattern is drawn up. The results of simulation demonstrate the feasibility and validity of the architecture in DVB-C networks for distance educations.

Keywords Grid, Broadcasting grid, Information sharing, UCL

1 引言

网格给人们勾画出了十分诱人的前景,使人们对计算机的未来充满了美好的憧憬。然而,什么是网格?学术界目前没有统一定论。以信息网格为例,李国杰院士说:信息网格是Internet的下一代,其核心思想是资源共享,用户不是找某一个网站服务,而是网络上的资源作为一个整体对用户提供服务。其核心技术主要是一体化的信息平台(单一系统映像)、语义网站(Semantic Web)、智能代理(Agent)和知识本体(Ontology)技术等。计算机专家认为信息网格是计算网格的自然延伸,两种网格都是在互联网的框架之内实现技术改造和应用革新,其目标是实现网络虚拟环境上的高性能资源共享和协同工作,消除信息孤岛和资源孤岛。我国也开展了这一前沿的研究,比较有代表性的是从1999年到2001年863重点项目支持的NHPCE“国家高性能计算环境”(National High Performance Computing Environment);2001年6月鉴定的清华大学“先进计算基础设施北京上海试点工程”——(简称ACI);中科院计算所“织女星”(Vega Grid)。

在网格的目标研究中经常使用广泛资源共享一词来集中概括。所谓广泛,可以用单词pervasive,其原意是“普遍适用”,意思是让尽可能多的用户有机会享用尽可能丰富的资源。万维网是一种大量信息资源向大量用户提供按需服务的“多对多”体系,但运作却是“一对一”的Client/Server模式,用户需要直接面对数不清的“信息孤岛”。人们希望Web改变成“后Web”或“信息网格”,用户看到的不再是一个个门类繁多的网站,而是单个普适的入口或单一的系统映像。为此,信

息资源需整合形成一体化的平台,并改用pervasive/grid模式工作。

然而,广泛共享资源pervasive能够真正地实现吗?现实的网格研究却遇到了一些难题。

在目前计算网格的研究中,计算资源的整合仅仅限于利用大型计算设备的闲暇资源整合。首先,目前这种实验方式缺乏经济利益驱动,对于远程的计算而言,宽带的运行成本很昂贵,难以做到健康的可持续发展。再者,就算大型计算资源的整合可以达到 $1+1>2$ 的效果,而人们理想中的计算网格把成千上万,甚至数十万数百万台个人电脑资源进行整合的效果如何?能不能达到 $1+1>2$ 的理想效果?可以预料,随着计算资源数量的增加,用于资源一体化的整合和协调中的通信开销会急剧上升,不但难以达到 $1+1>2$ 的效果,甚至会出现 $1+1+1+1+\dots+1<1$ 的可能性?这还有待实践的检验。第三,计算资源的紧密整合过程中如何确保信息安全?这也是一个十分棘手的问题。

计算机专家把信息网格看成是计算网格的直接延伸,忽略两种网格的资源存在本质差异。

李三立院士在CCID2002论坛分析了两个阶段BOT-TOM-UP“由底向上”阶段(1995-2001),到2001开始反思后形成的TOP-DOWN“从顶向下”阶段后指出,要有顶层应用需求驱动,不要为了搞网格而搞网格;“行胜于言”,具体从实验床做起;才真正知道网格的工作规模,层次结构设计。

李幼平院士认为,计算能力很大程度上属于不可再生的物质资源,而信息资源是可以大量复制的可再生资源,信息的可复制性,会不会带来信息网格革命性的进步?

^{*} 本课题得到国家863计划项目(No. 2002AA121063),国家自然科学基金项目(No. 60272014)资助。马建国 博士生,教授,主要研究方向为信息共享技术。李在铭 教授,博士生导师,主要研究方向为多媒体通信与信息处理。

能不能根据李幼平院士关于信息共享研究的成果来构造一种新的、不同于上述的基于 Internet 的另类信息网格?

按照国家的“十五计划”和 2010 年远景规划要求,我国在“十五”初期制定卫星直播系统方案,2005 年直播卫星用户达到 3000 万,有线数字电视用户达到 3000 万,2005 年全面实现卫星数字电视传输,停止模拟电视卫星,2010 年全面实现数字广播电视。如何利用数字电视直播的时机?如何有效利用我国庞大的数字电视网络资源?如何给数亿用户提供优质的数字信息服务?如何建立具有自主知识产权数字视频广播传输机制?如何利用上万亿元投资规模?这些都给我们的研究工作提供了十分良好的物资环境。因此,信息网格的研究应该首先解决有迫切应用需求的广播型网格研究。

2 带宽的数字鸿沟

近年来的宽带化进程飞速发展,骨干网络的带宽已经从二十年前的 Mbps 发展到了今天的 Gbps,实验网络已经达到 Tbps,很容易给人们产生带宽已经不是问题的印象。事实上,带宽的数字鸿沟仍然是无法回避的客观存在。按照李幼平院士的分析,存在以下四个障碍:

地域障碍:不发达地区用不上宽带服务。少数民族地区和边远不发达地区距离遥远,而且人口密度小,造成线路成本远比发达地区和中心城市要高。

贫富障碍:贫困人群用不起宽带服务。以现在宽带接入的价格水平,用户使用宽带接入设备点播高清晰度电视或 DVD 数字视频节目,中等收入家庭也难以承受。

语义障碍:网页已接近天文数字,但网民并不知道它们谈论的内容(语义)是什么,不知道自己有兴趣的网页在哪里,宽带的好处很难变成用户明显的实惠。

赢利障碍:内容提供者很难生存。拥有更多读者的优秀内容,得不到正比于社会效益的直接经济回报,反而需要支付更多的网络成本。

希望信息网格带来的新机制:

(1)公共信息资源大众服务的机制。用广播复制降低成本,克服贫富障碍;用卫星普照城乡,克服地域障碍。

(2)优秀信息资源获得市场支持的机制。按人时收费,好内容人时总量大,报酬就多,而广播成本与用户人数无关。形成市场支持的、可持续发展的良性循环。

(3)海量信息资源语义主动沟通的机制。

3 广播型网络的原理和结构

3.1 广播型网络的原理

信息共享不同于物质共享,其本质不是母体的派发或瓜分(share),而是母体不限量的复制(copy)。理论研究表明,在温度为 T 的环境中,复制一个比特信息最少只需付出 $0.693kT$ 的能量(k 为玻尔兹曼常数)。这是一个非常微小的数量,按此公式计算,给全球五十几亿人每人复制 1GB 的信息,加起来只需少于 1 焦耳的能量。这个数量启示,人类共享数字文化不应该像今天这样艰难。互联网只是交换信息的优秀结构,不是共享信息的优秀结构。互联网中弱势群体共享信息的“数字鸿沟”,终将被某种更加合理的共享结构所克服。

不善于区别物质共享和信息共享,是共享数字文化陷入多种障碍的重要原因。

数字时代的信息共享,指的是满足个性需求的按需共享,什么时候需要什么,应该由用户自主决定。在数字存储技术的帮助下,万维网第一个实现了这种现代意义的按需服务。网页事先存放在服务器的存储器里,随时准备通过互联网分配的

带宽把内容传输给用户。可见,万维网的按需共享是依靠带宽分配实现的。带宽是一种物质性的资源,带宽的分配服从总量守恒,潜在“你妨碍我用”的冲突,是一种潜在冲突的分配。万维网的目标是共享信息,但用的是物质共享的分配手段,因此失去了“本无冲突”的潜在优势。所以我们说,互联网是一种优秀的信息交换结构,但不是优秀的信息共享结构。“信息公路”本来只适用于比喻端对端的信息交换,但如果把这种比喻普遍化,把“车多路堵”和“人多网堵”无条件地等同起来,人们将看不到信息共享未来的美好前景。

A. L. Barabasi 和 E. Bonabeau 在对十万个万维网站点的访问(连接)进行统计研究后发现,少于万分之一的站点几乎操控整个网络的运作,被访问的次数远远超出一般站点。呈现出“无尺度网络”(Scale-Free Networks)特性。“scale-free”的现象广泛存在于细胞代谢系统、社会网络、流行病传播和研究合作关系场合。万维网的这种“无尺度”特性,至少从理论上说明两个问题:首先,只要整合几百上千种主流文化资源,广播型网格就可在很大程度上满足绝大多数人的个性要求。其次,播存结构可以在相当程度上分流互联网的流量,缓解热门网站周边的拥堵问题,节省对宽带网络的巨额投资。

我们由此可以得到启示,人类共享数字文化不应该像今天这样艰难。科学技术一定会创造出更加合理的共享结构。

3.2 广播型网络的示意图

广播型网络的示意如图 1 所示。横向线条表示资源的广泛整合,由若干独立运作、统一传输的内容提供商组成,传输的形式有卫星直播、有线数字网络、无线蜂窝网络;纵向表示广泛的用户群,由智能代理根据用户的需求自主选择信息内容。

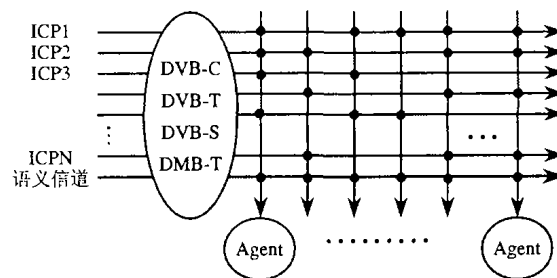


图 1 具有语义信道的广播网络

简单的时分复用,带宽直接分配给信息资源,各资源在占用多少带宽上肯定存在矛盾。用存储技术化解矛盾,让所有信息资源都觉得有限的带宽不会妨碍同用户的及时沟通。例如,把 $B=32\text{Mbps}$ 均匀分配给 1000 个 ICP,每个 ICP 只得子带宽 $\delta B=32\text{kbps}$ 。这个数值虽然低于拨号上网的带宽,但由于用户端具备存储器,它可以连续积累字节量,24 小时可以把 345MB 的内容推送到家。这个数量大大超过大型 Web 网站编辑部在 24 小时内所能提供出稿总量,编辑部不会感到带宽不够用。依靠时间积累,小带宽搬送了大文件,32k 带宽既然可以满足一个大型网站的要求,32M 带宽可以承载全国上千种报纸、期刊、网站发行任务的道理就不言而喻了。

4 广播网络的关键技术及沙漏模型

4.1 关键技术

并播技术 为了有效利用数据广播的信道资源,在数据广播中引入竞争机制,充分调动 ICP 的活力,而引入数据广播中的“大规模并行广播”方法。原理是将数据广播的一个信道(在一个 8M 有线模拟带宽上传输数据广播信息)划分成若

干的独立经营的子信道,从而形成的相互独立经营的竞争机制。

统一内容定位(Uniform Content Locator,UCL)是网络信息资源描述结构。目前普遍采用的方式是将信息空间视为“按地址定位”的空间,确切地说,是按信息“存储源地址”定位的空间。如今在 Internet 上广泛应用 URL(Uniform Resource Locator:统一资源定位)就是如此,而并不是真正的“资源定位”。UCL 的目的是解决网络信息资源的发现、查找、识别、控制和管理问题。在信息空间(cyberspace)里,每一份多媒体文件都是一个多维矢量。矢量的模量(长度)是文件字段数,矢量的方向取决于对文件内容进行精细定位的一组代码,即 UCL 代码。UCL 代码对文件内容的类别、主题、出处、时段、作者、关键词、分类代码等,做出多维度的标引。读者的需求和文件的内容都用 UCL 矢量来表达,通过对 UCL 矢量的关联计算,在浩瀚的信息空间中按内容准确定位文件。

UCL 代理是处理广播型网络收端事务的 Agent。与传统 Agent 不同的是 UCL Agent 的工作是依据信源端 UCL 的标引和映射方法,完成收端信息下载选择、信息过滤、用户兴趣图谱生成、用户肖像(Profiles)模型建立和主动服务等处理。

4.2 广播网络的沙漏模型

图 2 给出了广播网络的沙漏模型。信源端广泛的资源整合、收端更加广泛的用户群和简洁的、无阻塞的传输网络正好构成了一个两头大中间小的沙漏斗。

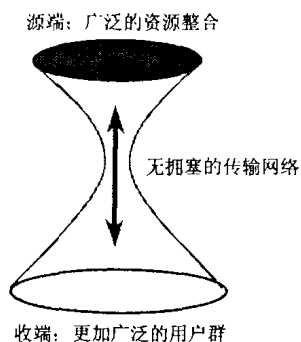


图 2 广播网络的沙漏模型

5 广播网络的特征

广播网络具有以下显著特征:

(1)源端资源的广泛整合 广播网络同万维网最大区别是信息资源一体化,用户看到的不是远处数不清的信息孤岛,而是一个真正做到了时间、空间、内容的广泛整合的服务。这个任务由独立运作的 ICP 承担。

(2)传输网络无共享冲突 按照互连网的方式传播,一条信息要经过很多卡脖子的网关和路由器。广播网络传输网络本质上无冲突、无瓶颈,因为它没有大量的网关和路由。

(3)收端广泛的用户群 收端可以有无限的用户群,不会造成“车多必然路堵”的现象,有效地缓解了带宽矛盾。

(4)大幅度降低成本,消除数字鸿沟 两个并播转发系统,年运行经费一亿人民币,如每天在全国范围取得一亿人时的效益,人时人均成本少于三厘钱,一亿元的运行费用,只相当建两公里高速公路,国家完全负担得起。广播成本得除以用户数目,每个用户只需承担微不足道的数额,信息服务的成本大幅下降。

(5)消除语义鸿沟 源端使用统一规范的 UCL 代码,用户在 UCL 代理的帮助下可以做到编者与读者的语义沟通。

(6)消除信息垃圾 由于使用了 UCL 技术,从本质上杜绝了非法信息的传播,彻底消除了信息垃圾的滋生地。

(7)运营的可持续发展

a. 信源端引入竞争机制,ICP 独立经营,容易做到“耕者有其田”。

b. 收端可以使用成熟的 CA 认证技术,真正做到运营的可持续发展。

c. 与数字电视同网传输,充分利用了数字电视传输的技术和巨大的带宽资源与完善的网络资源。

d. 容易建立信息的社区服务机制,提供一体的、具有统一和地方特色的完整服务。目前的智能社区已经基本形成硬件环境。

(8)帮助数字电视按需服务 通过专门 UCL 信道播送几十个电视台的节目清单,控制硬盘录像机自动下载所需节目,实现数字电视不受时间限制的按需服务。

6 实验室验证

6.1 实验的基本内容

并播规模:32 群 1024 路

传输信号总带规模:5 群 160 路

在模拟频道的一个 8MHz 的带宽内,设用 64QAM 的调制方式,调制效率为 6bit/band,最大可传输的比特率为:(余弦滚降系数为 1.15)

$$\begin{aligned} & \text{调制效率} \times \text{模拟带宽} \div \text{余弦滚降系数} \\ & = 6 \times 8\text{MHz} \div 1.15 = 41.7\text{Mbps} \end{aligned} \quad (1)$$

考虑在数据率为 32Mbps 的情况下,每 100ms 内发送的 TS 包的个数为:

$$\begin{aligned} & \text{数据率} \div \text{TS 包长(bits)} \times 0.1 \text{ 秒} \\ & = 32\text{M} \div (188 \times 8 \times 10) = 2231 \end{aligned} \quad (2)$$

每个文件的 UCL 信息包数最多为 4 个 TS 包,每次发 32 个节目的信息的话,需发 128 个 TS 包。在节目数很大时,可分批发送。

若要求两个 UCL 信息的间隔小于 100ms,则应至少每隔:

$$2231 - 128 = 2103 \quad (3)$$

个节目数据包发 UCL 信息包。发送速率较小时,间隔包数也相应较少。

由以上三式可计算得这种方式的数据发送效率为:

$$2103 \div 2231 = 94.3\% \quad (4)$$

经本实验证明,这种方式是有效的,能满足接收要求。

传输内容:远程教育课件。在制定基于远程教育的 UCL 标准中,采用了《基础教育教学资源元数据规范》的必须元素 13 个,标题、学科、关键词、描述、标识、格式、日期、语种、类型、作者、适用对象、元数据语种、元数据方案,及可选元素 2 个,出版者,来源。再自定义了大类和扩充 2 个元素,总共 17 个元素。制定了以远程教育为主要内容的数据广播 UCL 字段,在收端完成了对 UCL 解析和 UCL 代理。

6.2 实验网络

我们以图 3 的网络进行了实验验证。信源端的资源整合在实验室的局域网里进行,资源分三类:网站镜像(镜像新浪等网站内容)、课件分发(多路课件复用)、实时课堂(数字视频)。还包括两级复用、UCL 标引、UCL 映射、数据格式转换、QAM64 调制后到达 DVB-C 传输网。接收端包括数据用户和

(下转第 21 页)

- ture Agent Supporting Collaborative Enterprise Architectures. In: Proc. of Third Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, Morgantown, West Virginia, IEEE Computer Society Press, 1994
- 2 Parunak H V D. Practical and Industrial Applications of Agent-Based Systems. Environmental Research Institute of Michigan (ERIM), 1998
 - 3 Barbuceanu J, Fox J S. The design of a coordination language for multi-agent systems. In: Intelligent Agents, LNAI Vol. 1193. Heidelberg: Springer-Verlag, 1996. 341~356
 - 4 Bond, Bruce. C-Commerce: The New Arena for Business Applications, 1999, Gartner Group Research. <http://www.gartner.com>
 - 5 Phillips, Charles, Meeker. The B2B Internet Report-Collaborative Commerce, 2000, Morgan Stanley Dean Witter Internet Research
 - 6 Behrens S. Electronic Collaborative Commerce An Overview of Enabling Technologies, 2000. <http://citeseer.nj.nec.com/behrens00electronic.html>
 - 7 Fou J. Web Services and Collaborative Commerce Collaborate or Die. <http://www.webservicesarchitect.com/content/articles/fou01.asp>
 - 8 Woodridge M, Jennings N R. Intelligent Agent: Theory and Practice. The Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115~152
 - 9 Roboam M, Fox M S. Organization modeling as a platform for Multi-agent Manufacturing Systems. In Computer Applications in Production and Engineering: Integration Aspects. Holland: Elsevier Science Publishers. p581~591
 - 10 Fox M S. The Integrated Supply Chain Management Project. <http://www.eil.utoronto.ca/iscm/index.html>
 - 11 Maturana F, Shen W, Norrie D H. MetaMorph: an adaptive agent-based architecture for intelligent manufacturing. International Journal of Production Research, 1999, 37(10): 2159~2173
 - 12 Swaminathan M. Modeling Supply Chain Dynamics: A Multi-Agent Approach. Decision Sciences, 1997, 29(3): 607~632
 - 13 Helper S. How much has really changed between U. S. manufac-

- turers and their suppliers? Sloan Management Review, 1991, 32(4): 15~28
- 14 Bratman M, et al. Cambridge: Harvard University Press, 1987
 - 15 Cohen P R, Levesque H J. Intention is choice with commitment. Artificial Intelligence, 1990, 42(2-3): 213~261
 - 16 Rao A S, Georgeff M. BDI Agents: from theory to practice. In: Proc. of the First Intl. Conf. on Multi-Agent Systems (ICMAS'95), San Francisco, CA, 1995. 312~319
 - 17 Rao A S, Georgeff M. Modeling rational agents within a BDI-architecture. In: Proc. of the Second Intl. Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'91), 1991. 473~484
 - 18 Vidal J M, Buhler P A, Huhns M N. Inside an Agent. IEEE Internet Computing, 2001, 5(1): 82~86
 - 19 Resource Description Framework (RDF) Schema Specification. <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-schema>
 - 20 DARPA Agent Markup Language. DAML-S 0.9 Beta, 2003. <http://www.daml.org/services>
 - 21 van der Aalst W M P. Don't go with the flow: Web Services composition standards exposed. issue of IEEE Intelligent Systems, 2003. 1~2
 - 22 Sycara K, Decker K, Williamson M. Middle-Agents for the Internet. In: Proc. of the 15th Joint Conf. on Artificial Intelligence, 1997. 578~583
 - 23 Finin T, Fritzson R, McKay D, McEntire R. KQML as an Agent Communication Language. In: Proc. of the 3rd Intl. Conf. on Information and Knowledge Management (CIKM'94). USA: ACM Press, 1994. 456~463
 - 24 Chavez A, Maes P. Kasbah: An agent marketplace for buying and selling goods. In: Proc. PAAM'96, London, UK, 1996. 75~90
 - 25 Parunak H V D, Baker A D, Clark S J. The AARIA agent architecture: An example of requirements-driven agent-based system design. In: Proc. of the First Intl. Conf. on Autonomous Agents (ICA'97), 1997. 482~483

(上接第7页)

数字视频用户。收端进行了 UCL 解析、下载控制、基于 UCL 的语义代理实验研究。

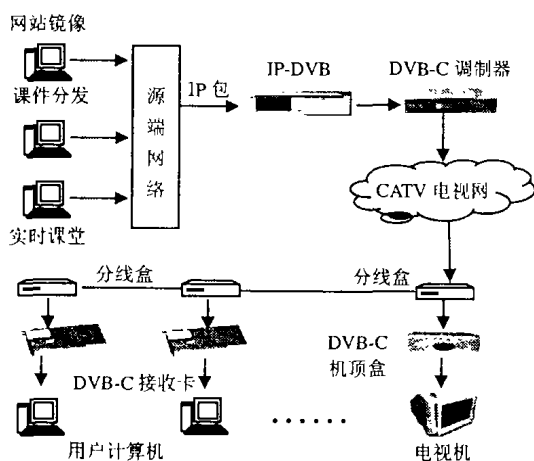


图3 实验网络

结论 通过本课题的研究,可以得出以下几个主要结论:

(1)建立广播网络有明确的应用背景,市场对此有十分紧迫的需求;

(2)实验结果表明,按照信息共享理论和大规模并播技术构造的无冲突的广播型网络在理论上是可行的,是信息资源在时间、空间、内容的高度整合;

(3)并播技术与 UCL 技术在普通 DVB-C 网络传输是兼容的。如果更换 QAM 调制器,本实验结果容易推广到 DVB-S(卫星传输)、地面无线传输 DVB-T、DMB-T 等网络;

(4)UCL 技术对于消除信息垃圾和消除语义鸿沟十分有效,为用户主动服务成为可能;

(5)广播网络在经营上容易做到独立和可持续发展。

广播型网络中收端的进一步研究,如用户兴趣图谱建立,用户肖像模型建立和基于 UCL 的语义代理等问题在国家 863 项目和国家自然科学基金项目资助下正在有序地进行。

本项目的研究和本文的成文整个过程中都得到了李幼平院士的精心指导和无私的帮助,文中引用了李幼平院士的很多观点,特在此表示感谢!

参考文献

- 1 李幼平. 共享信息的第二类网络[J]. 中国工程科学, 2002, 4(8): 8~11
- 2 Foster I. the Grid: computing without bounds [J]. Scientific American, 2003, 4: 79~85
- 3 Foster I. The Grid: A New Infrastructure for 21st Century Science [J]. Physics Today, 2001, 2(55): 42~47
- 4 高杨, 李幼平. UCL 理念及其系统设计[J]. 电视技术, 2001, 2(224): 38~41
- 5 马建国, 李幼平, 等. 国家规模远程教育平台实验研究[J]. 中国远程教育, 2002, 7(186): 38~40
- 6 李幼平, 马建国, 等. 国家教育平台[J]. 数据广播, 2002, 2(16): 1~5
- 7 高杨. 互补结构的信息共享系统[D]. [博士论文]. 北京理工大学, 2000
- 8 马卫东, 李幼平. 数据广播传输体系结构研究[J]. 计算机工程与应用, 2001, 24: 93~96
- 9 Shannon C E. A Mathematical Theory of Communication [J]. Bell Syst. Tech. J. 1948, 27: 379~423 (Part I), 623~656 (Part II)
- 10 Berners-Lee T. The Semantic Web [J]. Science American, 2001(5): 21~24
- 11 Barabási L-L, Bonabeau E. Scale-Free Networks [J]. Science American, 2003(5): 50~59
- 12 ETSI. Digital Video Broadcasting, DVB specification for data broadcasting [S]. EN 301 192 V1. 2. 1 (1999-06)
- 13 ETSI. Digital Video Broadcasting, Implementation guidelines for Data Broadcasting [S]. TR 101 202 V1. 1. 1 (1999-02)