网络测量技术研究

Research on Network Measurement Technology

李　丽/LI　Li[1],周文业/ZHOU Wen-ye[2],夏春和/XIA Chun-he[1]

1. 北京航空航天大学计算机学院网络研发中心,北京　100083
2. 首都师范大学网络中心,北京　100037

1. School of Computer, Beihang University, Beijing 100083, China
2. Network Center, Capital Normal University, Beijing 100037, China

[摘要]　网络测量技术是目前网络研究的重要领域,并在理论和实际中都具有重要意义。介绍了网络测量的基本概念、不同角度的分类以及相关方向的研究现状,分析了常用的测量方法和测量工具及其研究热点,论述了目前网络测量的主要研究单位和网络测量体系结构,并介绍了 NPMI 网络性能测量框架及其特点,最后给出了今后网络测量技术的研究方向和发展趋势。

[关键词]　网络测量;测量方法;测量工具;测量体系结构　　**[中图分类号]**　TP393
[文献标识码]　A　　**[文章编号]**　1000-7857(2006)05-0090-04

Abstract: Network measurement technology is an important field in network research, and is of great meaning in both theory and practice. This paper introduces the concept, taxonomy from different points of view, and current research situations related to network measurement. It analyzes common measurement methods, tools and some hot points, addresses the main research organizations and network measurement architectures. Based on the research above, a Network Performance Measurement Infrastructure (NPMI) is presented. Finally, it gives future directions and development trend of network measurement technology.

Key Words: network measurement; measurement method; measurement tool; measurement architecture
CLC Number: TP393　　**Document Code:** A　　**Article ID:** 1000-7857(2006)05-0090-04

1 引言

随着 Internet 技术和网络业务的飞速发展,用户对网络资源的需求空前增长,网络也变得越来越复杂。对网络进行研究,掌握网络的运行状态和资源消耗情况,对网络各方面做出评价并改善网络性能,提供更优的网络应用服务,具有重要意义。

网络测量是按照一定的方法和技术,利用软件或硬件工具来测试网络的运行状态、表征网络特性的一系列活动的总和[1]。在网络测量的基础之上建立网络模型,进行网络行为分析,是高性能协议设计、网络设备开发、网络规划与建设、网络管理与操作的基础,同时也是开发高性能网络应用的基础。网络测量可以为互联网的科学管理和有效控制以及为互联网的发展与应用提供科学的依据。

网络测量技术是一个很广泛的概念,它涉及的领域包括测量本身、网络建模和网络行为分析,以及控制管理[2]。本文主要讨论网络测量技术从不同角度的分类,着重介绍在流量监控、性能测量和拓扑发现方面的主要研究成果;从网络测量方法的角度分别讨论主动测量和被动测量;介绍了常用的网络测量工具及其相关研究,目前的网络测量体系结构,以及 NPMI 网络性能测量框架及其特点;描述了网络测量的研究方向和发展趋势。

2 网络测量技术的分类

网络测量的分类标准有很多。根据测量的功能,分为流量监控、性能测量、拓扑发现和路由选择;根据测量的方法,分为主

收稿日期:2005-11-10
作者简介:李　丽,女,北京市海淀区学院路 37 号北京航空航天大学计算机学院,硕士研究生,主要研究方向为网络测量与应用;E-mail: ll@klbnt.buaa.edu.cn
夏春和(通讯作者),男,北京市海淀区学院路 37 号北京航空航天大学计算机学院,教授,主要研究方向为网络安全与网络测试测量;E-mail: xch@buaa.edu.cn

教授都给出了通俗易懂的解释;而对动物最早的各种不同装饰的外壳化的作用,节肢动物附肢起源、主要类群的演化,脊椎动物起源包括脑的起源和早期演化等方面的问题,作者也都提出了自己独到的新观点。

《动物世界的黎明》在写作上试图找到通俗性、趣味性和科学性之间最合适的结合点,以适用不同文化层次、不同年龄结构的读者群——这也是该书非常突出的一个特点,也是作者在写作上所进行的有益探索和尝试。对普通读者而言,无脊椎动物化石没有恐龙那样庞大,也不像恐龙那样具有吸引力;对儿童而言,他们尚缺乏像侏罗纪公园那样的充分想象力。但作者却充分抓住了书中化石对生物演化的特别意义,使读者通过阅读增加了对进化的思考。特别需要指出的是,《动物世界的黎明》一书使用了作者所在研究集体创作的大量的彩色化石和海底群落景观复原图,对那些从事相关研究的学者、关心生物演化的科学工作者和教育工作者来说,这的确是一本非常实用的图书。

诚然,尽管书中的某些观点还有待于进一步论证,但《动物世界的黎明》确实是一部不仅对专家学者而且对普通读者都非常值得一读的好书。为此,笔者特别向广大读者朋友推荐。

(责任编辑　苏　青)

动测量和被动测量；根据测量点的分布分为单点测量和多点测量。大部分的网络都采用分布式多点测量，如 NIMI、NLANR AMP、PMA、Skitter、IEPM 等都是分布式多点测量。单点测量在非合作的情形下能发挥巨大的作用，如美国朗讯科技公司 Bell 实验室的单点测量项目——Internet Mapping。根据与被测量网络的关系分为协作测量与非协作测量。协作测量对网络运营商来说，能够掌握网络的运行状况、找出瓶颈、业务分布情况等，以便有效地管理网络、充分利用网络资源。非协作测量是指被测网络不乐意被别人测量，测量目的是窥探对方网络的情况，这在军事上有非常重要的意义。

2.1 流量监控

随着网络规模的不断扩大，网络应用的不断增多，为了更好地规划网络和提供更优的网络应用服务，监测网络流量性能和分析网络行为变得非常必要，进而成为一个非常热门的研究领域。网络流量测量的应用领域包括基于流量的计费、流量工程(Traffic Engineering)、Qos 监控和攻击/入侵监测[3]。

流量监控的工具有硬件的(如 DatGeneral Network Sniffer) 和软件的(tcpdump, SNMP 等)，有实时的和非实时的，有侵扰式的和非侵扰式的。实时的流量监控是指边收集流量数据边分析并显示流量信息，非实时的是指收集信息之后先存储起来过后再分析。侵扰式的流量监控工具是指在收集信息的时候工具本身会产生一些流量，影响到被测的网络流量，非侵扰式工具是指工具是被动的，只负责观察和记录流量信息，不产生额外的流量。

目前，流量监控的主要技术包括以下几项。SNMP[4]是 1988 年开发的一个简单网络管理协议，现在已经被广泛应用，成为流量监控的一个标准的、被动的、数据收集的协议。IETF 的 RTFM (Real-time Traffic Flow Measurement) 开发了一个测量业务流量统计特性的通用框架。Traffic meter 通过一组规则集来过滤业务流中想要监控的包，计算流的属性值，并记录在数据库流表中，以便 SNMP 来读取[5]并进行数据分析。奥克兰大学的 NeTraMet 就是 RFTM 的一个很好的实例。由于 meter MIB 集成于 SNMP 中，复杂度高，因而性能有限。IETF 的 IPFIX[5](IP Flow Information Export)工作组着重数据收集，在某一点被动地观察 IP 流量，并经过过滤、分类、抽样等输出流量的统计数据供收集和分析。RMON[6]是 IETF 制定的一种支持远程、异构网络体系的流量监测标准，它是对 SNMP 网络管理体系的重要补充。1991 年 11 月 RFC1271 将 RMON 标准化，主要监测以太网的流量。1993 年通过 RFC1513，RMON 工作组将标准扩展到令牌环网络。1995 年 2 月 RFC1757 讲述了 RMON 的整个实现过程。1994 年 7 月 RMON2[6]工作组开始了对协议栈以及网络层和应用层性能的研究。与 RMON 不同的是，它使得网络管理者能够从应用层的角度来监控网络流量和网络资源利用情况，而 RMON 主要是监控 MAC 层或以下层的流量。1997 年 3 月 IETF 组织认同了 RMON2 并提出了 RFC2021 - Remote Network Monitoring MIB Version2 和 RFC2074 - Reomote Network Monitoring MIB Protocol Identifiers。RMON2 是监控基于桢的网络，如以太网。1995 年 7 月 ATM 网络工作组基于 RMON 提出了 ATM-RMON，将其扩展到 ATM 网络。

流量监控技术不仅包括流量信息的收集与分析，还包括流量模型分析、流量参数的特征化等重要领域

2.2 网络性能测量

随着网络用户的不断增加、网络应用的不断发展，导致负担加重、网络性能下降，这就需要对网络的性能指标进行提取与分析，对网络性能进行改善和提高。

网络性能度量指标，是对网络性能进行度量和描述的参数。很多网络测量研究组织都定义了一些度量指标，并且还在不断地补充和修订。

CAIDA 度量工作组提出的度量指标包括延时(Delay)、丢包率(Packet Loss)、吞吐量(Throughput)、链路利用率(Link Utilization)、可利用率(Availability)。

IETF 的 IPPM 工作组提出的常用的分析指标[7]包括单向延时(One-Way-Delay)、往返延时(Round-trip Time 简称 RTT)、丢包率(Packet Loss)、可连接性(Connectivity)、吞吐率(Throughput)、瞬时分组延时差、大批传输容量(Bulk Transfer Capacity)、带宽利用率(Bandwidth Availability)、瓶颈带宽估计 (Bottleneck Bandwidth Estimation)、周期流(Periodic Streams)等流量网络性能参数。

ITU-T 对 IP 网络性能参数的定义[8]包括 IP 包传输延迟 (Packet Transfer Delay, IPTD)、IP 包时延变化(IP Packet Delay Variation, IPDV)、IP 包误差率 (IP Packet Error Rate IPER)、IP 包丢失率 (IP Packet Lass Rate, IPLR)、虚假 IP 包率 (Spurious IP Packet Rate)、流量参数(Flow related parameters)、业务可用性(IP Service Availability)等。与 SLA(Service Level Agreement)[4]相关的性能度量指标有网络正常运行时间(Network Uptime)、应用程序可用率(Application Availability)、网络和应用程序相应时间。

网络性能测量可以从 OSI 模型的角度分为应用层性能测量、传输层性能测量、网络层性能测量(IP/ICMP)。

不同的应用程序对性能指标的要求有所不同。比如，文件传输应用程序，需要大量的带宽，可是却可以容忍一定的延时；而一些像数据库查询或者 IP 上的语音应用程序，实时监控的应用程序仅需要较少的带宽却不能容忍延时。对于一些多媒体流应用程序比如 Video，它需要很大的带宽和稳定的数据传输速率。

从总体上看，网络应用程序一般可以分为以下 3 类。① 事务型(transactional)：数据库应用程序、客户端与服务器端的通信应用、HTTP、DNS、Telnet、网络管理应用程序如 SNMP 等。测量这种类型的应用程序时，需要考虑延时、响应时间、请求数量、连接失败数量等性能指标。② 传输型(transferring)：这种类型的应用程序需要考虑吞吐量、带宽等。③ 流型(streaming)：比如流媒体应用程序(Video)。这种类型的应用程序对延时没有很高的要求，但需要考虑抖动等性能参数。

网络层性能测量的主要研究方向包括连接性测量、延迟测量、丢包率测量以及带宽测量。还有许多关键技术也值得研究，例如单向测量中的时钟同步问题、性能指标的模型化分析、网络性能测量的准确性问题等等。网络层的性能测量主要是基于 IP/ICMP 协议的测量，例如 ping[9]就是通过向网络发送 ICMP 数据包来探测网络的连通性和延迟的，traceroute[10]通过在改变 IP 报头中的 TTL 字段来测量到目的地的路径和延迟。很多其它测量工具和测量体系结构也都是在 ping 和 traceroute 的基础之上进行测量的。

应用层、传输层以及 IP/ICMP 层测量都是端到端的性能测量。V. Paxon 的《An Analysis of End-to-End Internet Dynamics》成为端到端性能测量的经典文献。欧洲的 PPNCG(Particle Physics Network Coordinating Group)[11]项目，监视全欧洲某些粒子物理研究所的网络端到端性能并加以优化。

2.3 网络拓扑发现

网络拓扑发现是利用网管协议或网络提供的可用工具，通过拓扑算法来发现网络中的所有主机、路由器和节点之间的连接关系，从而得到完整的拓扑图[22]。致力于网络测量的国际组织 CAIDA 开发的 skitter [12]工具实现了从几个源点到成千上万个目标点的路径信息和性能属性的收集并可视化得到网络的拓扑结构，从而开展了 AS 的地理信息图方面的研究。

网络拓扑发现可以采用多种工具或者协议。国外的网络拓扑发现工具大多是基于 SNMP 协议实现的，这种方法是也是最有效的，但如果没有权限使用 SNMP 中的信息的话，这种算法就会受到限制。国内的国防科技大学、西南交通大学等单位在基于 ICMP 协议的 IP 拓扑探测方面技术比较成熟，一般采用 ping 和 traceroute 等工具。

除此之外，拓扑发现的算法还有基于 ARP 协议的方法和基于 OSPF 的网络拓扑搜索等。网络拓扑发现有很多方面值得研究，例如网络拓扑发现的时间问题、准确性问题、可视化问题、自适应问题等等。

3 测量方法与工具

3.1 测量方法

网络测量技术按照测量方法来分，大致分为主动测量与被动测量两种。这两种方法的最大不同之处在于，主动测量会给网络增添额外的负担而被动测量不会，主动测量能根据需要灵活设计，而被动测量很大程度上依赖于网络状况。

3.1.1 被动测量

被动测量通过观察和记录网络上的分组来获得网络行为，而不注入探测流量。SNMP 协议是典型的被动测量。还有一些研究组织的项目，如 NLANR 的测量项目 PMA（Passive Measurement and Analysis）[13]，伯克利大学和 IBM 共同开发的 SPAND（Shared Passive Network Performance Discovery）项目[14]都是被动测量的典型。

3.1.2 主动测量

主动测量则是通过向网络中发送一些探测包，来测量其网络特性。目前已经开发了许多主动测量工具，还有一些网络研究机构开发的项目也采用主动测量，如 AMP (Active Measurement Project)[15]、Pinger（Ping End-to-end Reporting）[16]、RIPE's TTM (Test Traffic Measurement)[17]、Surveyor[18]、NIMI(National Internet Measurement Infrastructure)[19]等。

3.2 测量工具

网络测量工具是测量网络行为特性的工具。它也可以从以上几个方面分类。根据测量的内容分为流量测量工具(NetraMet, NetFlow cflowd 等)、性能测量工具(pathchar, ping, pathload 等)、拓扑发现工具（skitter, GASP 等），以及路由选择工具(RouteTracker, ASExplorer 等)。根据测量方法分为主动测量工具（如 ping, traceroute, pchar, pathload, pathchar 等）与被动测量工具（如 NetraMet)。

20 世纪 90 年代，测量工具的开发得到了很大发展。设计和开发有效的网络测量工具，为用户了解网络状况，成为人们研究的一个方向。CAIDA 还组织大规模的研究并开发了很多专门用于网络测量、分析和可视化的工具，而且很多工具已经得到广泛应用。

一般情况下，网络层的性能测量比较常见。就测量带宽、延时、丢包率的常用工具按每跳测量和按路径测量可以归类如表 1 所示，更多更详细的工具可以参考文献[20]。

表 1　常用测量工具归纳
Tbl. 1　Measurement tools in common use

	带宽容量	可用带宽	双向延迟	丢包率
按 path 测量	bing,bprobe, nettimer, sprobe	nettest, pathload,treno	bing,nettest, ping	bing, nettest, owping, ping, sting
按 hop 测量	clink,pathchar, pchar	pipechar	clink, pathchar, pchar,pipechar	pathchar, pchar, pipechar

随着测量工具的增多、测量算法的不同，工具的准确性与可靠性也逐渐引起了人们的关注。在进行网络测量之前，根据需求慎重地选择合适的测量工具是值得考虑的一个问题。因此对测量工具的总结与测试也就必不可少。文献 [21] 对 clink, netperf, pathchar, pathrate 等多种工具的准确性、可靠性以及对网络的影响做了相关分析。

4 测量体系结构

随着测量需要的不断提高，仅仅有这些简单的测量工具不能满足人们的要求，因此有许多国际组织开始研究并开发专门用于 Internet 的工具，建立各种网络测量体系结构。

1995 年美国科学基金会（NSF）系统地进行了因特网通信量的较大规模测量。

IETF 的 IPPM 工作组（IP Performance Metric）为了使网络用户和网络服务提供商对网络的性能和可靠性有一个共同精确的认识，定义了一整套流量行为测量的度量指标，并指出了度量框架。其中，最基本的三大指标为延时、丢包率和带宽。它们能用来刻画 Internet 数据传送服务的质量、性能和可靠性。

美国应用网络研究国家实验室（NLANR）的运营和分析小组 MOAT 为了实现高性能连接网络的行为特征化，开发了网络分析基础结构 NAI（Network Analysis Infrastructure）——一个测量体系结构，收集测量数据，并集合测量工具与方法，然后分析测量结果并进行可视化。PMA（Passive Measurement and Analysis Project）和 AMP（Active Measurement Project）是它的两个核心项目。

美国加州大学圣地亚哥分校超级计算机中心（UCSD/SDSC）的因特网数据合作组织（CAIDA），开发了专门用于网络测量、分析和可视化的工具，展开了对流量性能、模拟分析和可视化的相关理论和方法的系统性研究。CAIDA 还归纳了目前国际上重要的检测 Internet 性能的测量体系结构项目。

NIMI 是在 NSF 资助下由美国先进网络研究国家实验室（DARPA）开发的国家互联网测量基础框架的项目，它的目标是建立一个全球化的、大规模的、分布式的、可扩展的互联网测量结构，集合多种测量工具动态测量各种性能参数。

Surveyor 是基于 IETF 的 IPPM WG 的标准化工作，目前在全世界部署了很多站点的一个测量框架。它被用来测量参与者的 Internet 路径性能，并开发了分析性能数据的方法论和工具。

除此之外，还有 MAWI（Measurement and Analysis of Wide-area Internet, 日本）、PPNCG（Particle Physics Network Coordinating Group，欧洲）、RIPE(Reseaux IP Europeens, 欧洲)、TRIUMP（加拿大）、WAND(Wailato Applied Network Dynamics, 新西兰）等等[11]。

5 NPMI 网络性能测量框架的设计

在对多种网络测量体系结构综合研究的基础上，我们设计和实现了一个分布式的、通用的、可扩展的网络性能测量框架 NPMI（Network Performance Measurement Infrastructure）。该测量框架主要针对网络层性能如带宽、延时、丢包率以及应用层性能响应时间等进行测量，采用主动测量的方法，以 Web 方式进行测量请求和数据发布。NPMI 的基本测量模块如图 1 所示。

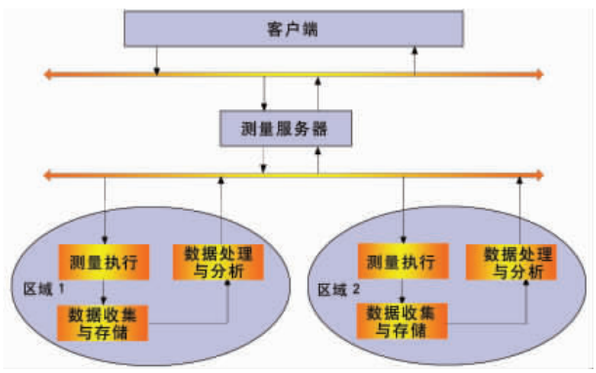

图 1　NPMI 测量模块图
Fig. 1　Module of NPMI

该测量框架具有如下特点。① 分区域的网络测量。以区域为单位,进行管理测量组建,执行测量任务和存储测量数据,维护监视机制,使系统具有较强的容错和快速恢复能力。② 目录层次结构的服务发现机构。分布的目录服务器使各个测量区域连接成一个整体的分布式测量网络。③ 支持多测量机制动态协作。通过测量工具的统一化包装,可以同时支持多种不同的网络测量工具,并可以根据需要进行添加扩展。

6 发展趋势

网络测量技术的发展对网络的研究确实具有重要意义。对网络测量还可以在更多方面进行深入研究:多种测量工具之间的协同工作;网络测量方法在不同链路、不同协议下的具体改进,大规模网络测量体系结构合理有效的建立;对网络未来状况准确的趋势预测;对海量测量数据的有效收集;测量与分析结果的可视化;网络建模和行为分析;由测量所引起的安全性问题,以及无线网络的测量等等,这些都是目前和今后所要研究的重要内容。随着网络测量相关理论、测量方法、分析模型研究的逐渐深入,各种测量工具的不断出现以及大型测量项目的不断开展,人们对网络的认识会越来越深刻,从而不断地推动网络技术向前发展。

(致谢:感谢北京市教委对"网络性能测试与评价体系研究"项目的资助。)

参考文献(References)

[[1] 朱畅华, 裴昌幸, 李建东, 等. 网络测量技术及其关键技术 [J]. 西安电子科技大学学报,2002, 29(6):813–818.

[2] 张宏莉, 方滨兴, 胡铭曾, 等. Internet 测量与分析综述[J]. 软件学报, 2003,14(1):110–116.

[3] QUITTEK JURGEN , ZSEBY TANJA , CARLE GEORG , et al. Traffic Flow Measurements within IP Networks: Requirements, Technologies, and Standardization[A]. SAINT 2002.

[4] CASE J, FEDOR M, SCHOFFSTALL M, et al. A Simple Network Manageent Protolcol (SNMP)[DB/OL]. Network Working Group , http://www.faqs.org/rfcs/rfc1157.html, 1990–05.

[5] CHEN THOMAS M, HU LUCIA. Internet Performance Monitoring [J]. Proceedings of the IEEE, 2002, 90(9): 1 592–1 603.

[6] RABINOVITCH EDDIE. Network Management Performance–Tips and Tools [EB/OL]. http://www.uniforum.org/web/pubs/uninews/970411/feature2.html.

[7] PAXSON V, ALMES G, MAHDAVI J, et al. Framework for IP Performance Metrics [DB/OL]. Network Working Group, http://www.faqs.org/rfcs/rfc2330.html, 1998–05.

[8] ITU T Y. 1540, IP Availability Performance Parameters[S].

[9] BRUCE A, MAH, PCHAR. A Tool for Measuring Internet Path Characteristics[CP/OL]. ftp://ftp.arl.mil/pub/pingchar, 2001–06.

[10] Lawrence Berkeley National Laboratory. TraceRoute[EB/OL]. ftp://ftp.ee.lbl.gov/traceroute.tar.gz.

[11] CAIDA. Internet Measurement Infrastructure[EB/OL]. http://www.caida.org/analysis/performance/measinfra/

[12] CAIDA. Skitter[EB/OL]. http://www.caida.org/tools/measurement/skitter/

[13] NLANR. Passive Measurement and Analysis (PMA) [EB/OL]. http://pma.nlanr.net/

[14] SESHAN Srinivasan, STEMM Mark, KATZ Randy H. SPAND: Shared Passive Network Performance Discovery [J], Proceedings of 1st Usenix Symposium on Internet Technologies and Systems Monterey, 1997(12): 135–146.

[15] NLANR. Active Measurement Project (AMP)[EB/OL]. http://watt.nlanr.net/

[16] MATTHEWS WARREN, COTTRELL LES. The PingER Project: Active Internet Performance Monitoring for the HENP Community[J]. IEEE Network Traffic Measurement and Experiments, 2000 (5): 130–136.

[17] GEORGATOS FOTIS, GRUBER FLORIAN, KARRENBERG DANIEL, et al. Providing Active Measurements as a Regular Service for ISP´s [DB/OL]. Amsterdam: Proceedings of Passive & Active Measurement (PAM), http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/22044/http: zSzzSzwww. ripe. netzSzpam2001zSzPaperszSztalk_05.pdf/georgatos01providing.pdf, 2000–04.

[18] KALIDINDI SUNIL. Surveyor: An Infrastructure for Internet Performance Measurements[J/OL]. San Jose: Proceedings of the INET´99, http://www.isoc.org/inet99/proceedings/4h/4h_2.htm, 1999.

[19] PAXSON VERN, MAHDAVI J, ADAMS ANDREW. An Architecture for Large–Scale Internet Measurement, IEEE Communications, 1998, 36(8): 48–54.

[20] CAIDA. Tools[EB/OL]. http://www.caida.org/tools/

[21] PRZYBYLSKI MICHAL, ROCHA SZYMON T. Network measurement tools tests Part I, II [DB/OL]. Poznan Supercomputing and Network Center, 2001–06/07.

[22] 田慧, 裴昌幸. 网络拓扑发现综述与展望. 电信快报,2002 (8):26–27.

(责任编辑 黄永明)

·读者·作者·编者·

读 者 来 信 摘 登

● 贵刊今年第 1 期推出的 "2005 年中国重大科学、技术与工程进展",在第 12 页中有一项是"完成最远距离自由空间量子通讯实验"。这里的"最远距离"是不符合事实的。德、英科学家在 2002 年已完成 23.4 km 的自由空间量子密钥分配,发表在英国 *Nature* 第 419 卷上。因为报导不准确误导了媒体,这项成果最后被评为重大科学进展。科学在于求真,希望给予纠正,否则会造成不良影响。

——中国科学技术大学量子信息实验室郭光灿院士

● 贵刊开创的"学术不端行为举报信箱",对整治学术不正之风与科学腐败现象具有特别重要的意义,也是国内首创。本人建议:(1)举报人应真名实姓,真实单位地址,邮箱,电话号码;(2)举报人应对所检举的一切内容的真实性负责(包括法律责任);(3)不必由贵刊负责"核实",以免你们劳民伤财,吃力不讨好,还要承担责任与风险;(4)贵刊只要提供一个"举报栏目",让每个科技工作者都有机会向公众和国家机关公开举报;(5)也应让被举报人充分进行答辩,公众评论;(6)如果学术不端行为被揭发了,有关单位还不引起重视,不调查不处理,这时贵刊再介入调查,追踪报道,予以揭露、曝光。

——中国科学院福建物质结构研究所晶体材料研究室原主任王耀水研究员

● 贵刊 2006 年第 2 期"好玩的数学——神奇的幻方"的答案不是唯一的,应该有好多种,其中一种是 1、4、5、8 在立方体上面顺时针分布,6、7、2、3 在下面顺时针分布,1 和 6 在一条边上。我是一名大学一年级的学生,对你们的《科技导报》特别喜欢,所以也就爱做里面"好玩的数学"题目,有什么不当的地方望老师多多指教。

——佚名

● 佚名同学指出"神奇的幻方"的答案不是唯一的意见是对的。在立方体的 8 个顶点布数字 1~8,使其每面 4 数之和都相等,不止一个布法,还有多种布法。我在第 2 期的答案中说只有一种布法是不正确的,谢谢你的指正。祝你学业进步、生活愉快,并希望你继续关注这个栏目。

——北京理工大学计算机学院吴鹤龄教授