

地震应急中的应用层多播技术网络视频会议系统^{*}

李 俊¹, 秦嘉政²

(1. 四川大学 电子信息学院, 成都 610065 2. 云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 根据应用层多播技术, 通过网络多对多传送声音及视频讯号的原理, 用应用层多播中的树优先建立方法, 进行了网络多播通信方面的研究, 实现了一种可以在地震应急中使用的网络视频会议系统。网络仿真实验证明, 该系统在地震应急工作中较为实用。

关键词: 应用层多播; 网络视频会议; 建树; 地震应急

中图分类号: TN949.28 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0666(2009)03-0316-06

0 引言

我国是多地震的国家, 也是地震灾害最为深重的国家之一。2008 年 5 月 12 日四川省汶川县 $M_s 8.0$ 大地震, 给国家和人民造成了无法估量的损失。地震发生后, 汶川县曾长时间与外界失去联系。因此, 如何利用震后受损或有限的通信条件, 建立有效的通信连接手段, 是今后地震信息化研究的重要课题。

随着信息技术在我国各行各业中的不断深入发展, 地震观测、地震预测预报、地震应急等技术也开始向网络化、数字化迈进。“九五”期间, 各级地震部门通过一系列的重大信息化工程建设, 已使我国防震减灾能力向前跨了一大步。经过“九五”及“十五”的数字化改造, 我国的地震信息化建设已初见成效, 各个地震部门间都有专门的网络电缆进行信息传输, 其中, 主干网络的带宽达到了 6 Mbps, 地方台站间的网络带宽也达到了 3 Mbps, 基本具备了完善快捷的网络运行条件(李永强等, 2007)。但是, 在实际运行过程中, 网络主要设备缺少备份, 如主服务器、路由器、交换机、集线器和 UPS 一般只配备一套, 一旦设备出现问题, 网络就可能全部或部分瘫痪, 并且网络带宽有待进一步加大。考虑到今后的子系统建成后也将利用该信道交换数据, 特别是大量的基于网络的应用将普遍使用, 目前的信道带宽将

难以满足需要(赵恒等, 2007)。

早期的以 IP 组多播为基础的网络视频会议系统由于需要路由器的支持, 且对网络条件要求较高, 因此在地震应急救援中将很难保证有效的信息传送, 可靠性也难以保证。为解决这一问题, 我们通过对网络视频会议系统的组播方式及算法进行改进, 引入应用层多播技术 (Application Layer Multicast, 简称 AIM) 建立新型的网络视频会议系统, 使得在网络条件较为有限的情况下仍能进行有效的信息传送。

我们将对网络视频会议的工作原理及其所采用的应用层多播技术进行详细介绍, 并通过实验, 分析和对比算法的传播性能, 最终选定一种 AIM 算法来指导网络视频会议系统进行信息的接收及传送。

1 地震信息化建设的现状及下一步计划

目前, 全国地震系统采用的网络服务器包括 Sun、SGI、IBM 等多种类型。网络中心企业级服务器采用 IBM RS/6000 产品系列中最先进的 IBM RS/6000 H50 为主、辅服务器, 在其上运行 AIX 操作系统和 DB2 大型数据库及 Tivoli 网管软件。

软件平台: 全国地震通信网络系统的软件平台包括网络操作系统、服务器操作系统、客户机操作系统的选择与配置。整个网络系统服务器操作系统以 Unix 为主, WinNT 和 Netware 为辅。由

* 收稿日期: 2008-07-10.

基金项目: 云南省重点项目“云南强震活动与动力学研究”资助。

于各个网络中心的主要网络服务器采用的设备来自不同的计算机供应商, 因此各家的主要操作系统也是五花八门, 包括 IBM 公司的 AIX、Sun 公司的 Solaris、SCO 公司的 SCO Unix、SG 公司的 IRIX 及自由软件 Linux 等等。

网络上的重要服务如域名服务器、邮件服务器、文件传输服务器、WWW 服务器大都采用 Unix 系统, 以增强整个网络系统的坚固性和安全性。各个网络中心的文件服务器和打印服务器多采用 Windows 或 Netware 系统, 以方便管理。客户端软件大多采用微软公司的产品。

地震系统的信息化成果在运行过程中取得了明显的效益, 在设备和网络条件正常的情况下, 早期的网络视频会议系统虽对网络条件要求较高, 但经过地震信息化建设后的网络条件已经可以满足其运行的要求。但是, 四川汶川大地震不仅使震中区光缆断裂, 通信基站倒塌, 手机、固定电话、网络等现代化通信联络方式全部失灵, 而且使附近理县、黑水、茂县、青川、北川、平武、绵竹 7 个县通讯全无, 影响范围达 10 万 km^2 。面对突发的严重灾情, 中国网通、中国电信、中国卫通等一批信息服务企业通力协作, 保证了灾后信息交换的畅通。这就说明在“十一五”期间, 继续加强我国信息化建设的重要性。我国已明确将在“十一五”期间加强农村信息基础设施建设, 扩大信息网络的覆盖面, 推进农村地区通信、广播电视和互联网发展。这就意味着广大农村将和城市一样分享信息化的成果。可见, 随着信息化建设在我国各行各业的深入开展, 将保证我国在遇到诸如地震灾害时的信息交流通畅性得到保证, 从而为开展快速有效的抗震救灾工作创造条件。

2 网络视频会议系统

视频会议系统实时传输视频与音频信息, 使协作成员可以远距离进行直观、真实的视、音频交流。另一方面, 利用多媒体技术的支持, 视频会议系统可以帮助用户对工作中的各种信息进行处理, 如共享数据、共享应用程序等, 从而构造出一个多人共享的工作空间。最初的视频会议系统主要由每个会场安装 1 套视频会议终端, 接上电视机、摄像头、麦克风等附件, 再接入相应的宽

带网络如 IP、ISDN、E1/T1 等, 即可实现视频、音频、数据的实时传送。目前普遍使用的网络视频会议系统中, 有很大一部分都是通过 IP 组多播技术来实时传送声音及视频讯号, 但是由于 IP 组多播的局限性, 如可扩展性, 收费问题及拥塞控制等, 这个计划虽进行了 10 年有余, 但是 IP 组多播技术还是未能普及。此外, 使用 IP 组多播技术的网络视频会议系统需要交换机充当路由器进行路由支持, 因此, 不同型号的交换机相连时, 需要协调好彼此的配置, 否则会影响组播数据的传输。例如, 其中 1 个监测台站的汇接层交换机是 Big Iron 4000。如果视频会议终端与它直接相连, 则系统能正常工作, 如果在 Big Iron 4000 与视频会议终端之间加入 1 台接入层交换机, 型号为 Intel 530 图像就传输不正常, 有严重丢帧现象。经过仔细分析, 发现是两台交换机的配置没有协调好, 后来开通了 Intel 530 交换机的双工功能, 图像传输才能恢复正常。这就说明使用 IP 多播技术的网络视频会议系统, 在网络条件交换良好的情况下, 如果没有配置好彼此间的协议或是没有协调好彼此的配置, 在网络交换条件良好的情况下, 仍然会存在着丢失数据包较多的现象。最近, 有研究机构得出的数据表明 IP 层不一定是执行多播路由相关功能的合适的网络分层。有更多的研究人员相信应用层能够更好地完成相关的多播功能。由于所有的多播功能包括群组控制和包裹复制都是在端系统中得以实施的, 所以, 相比 IP 多播技术, 应用层多播技术更值得网络多人视频系统使用, 在应用层多播技术中, 端系统加入 1 个由多播组用 1 个完整的分发协议自动组建的覆盖结构。此外, 端系统还尝试改善网络系统的覆盖效率并监视应用层的表现。

我国地震系统的网络条件已经可以满足早期的网络视频会议系统对于网络的带宽及延迟等方面的要求, 但是, 正如上文提到的, 应用 IP 多播的网络视频系统即使在网络条件完善的情况下仍然不能保证较高的稳定性。而且, 如果某个地区发生了地震, 当地的网络硬件设备极有可能受到破坏。网络硬件设施的破坏对于网络条件的影响直接表现在以下两个方面: ① 导致网络链路中的带宽变小。② 由于硬件的破坏, 部分链路已被断开, 完成连接时需改变原先的路由, 这就造成了

在进行网络连接时延迟时间的增长。在这种情况下，震前可以正常工作的网络视频会议系统由于对网络条件要求较高，在震后极有可能因为带宽的不足及网络延迟时间的增长而不能正常工作。因此，在网络条件受损及有限的条件下选择一种新型的网络视频会议系统，使它具备在受灾地区传送视频和音频信号的能力，将会使震后的救援各方能够更加方便快捷地联系，从而极大地推动震后的抗震救灾工作。本文所研究的多人视频会议系统是典型的 P2P网络视频会议系统，为了避免在 P2P应用中出现过的管理和安全问题，该系统在设计时采用了一种混合的系统结构，该结构在公共区域设置了 1 个服务器，用于完成用户的注册和会议的设置。在服务器无法连通的情况下，可以通过应用层多播技术在无路由器支持的情况下进行数据的传送和接收，从而完成用户的注册和会议的设置。由于采用了应用层多播技术，该网络视频会议系统可以不受网络路由器的限制，并且在应用层多播树的建树过程中，是以带宽为条件通过连接序列的指导进行数据源细节树的建立。以上特点，保证了网络视频会议系统能够在实时稳定地建立网络连接的同时，消耗较少的网络资源 (Chen et al. 2000)。与早期的网络视频会议系统相比，该系统可以在震后较为有限的网络条件下，保证更高的稳定性和可靠性，从而为震后的信息联络和交换发挥作用。

3 应用层多播技术及其建树算法

近年来随着 Peer to Peer Network和 Overlay Network等技术的提出，且由于 IP组播的局限性直接导致了 IP组播的大规模部署变得困难而缓慢，出现了“应用层组播” (AIM)，以改善这种局限性。AIM的主要思想是：保持 Internet原有的“单播，尽力发送”模型，尽量维持原有的网络体系结构，而主要通过增加端系统的功能来实现组播的功能 (李永强等，2007)。由于对网络本身改变较少，AIM相对 IP组播具有较好的灵活性。AIM的终端系统通过重叠网进行通信，由终端节点来进行分组的复制和转发 (即组播) 功能，其底层网络只提供单播功能 (Yeo et al. 2004)。

AIM的效率和所建立的 AIM树的优劣有直接

关系，现已有一些关于 AIM建树算法方面的报道，例如曹佳和鲁士文 (2005) 对基于最小延迟的几种 AIM建树算法的有效性进行了研究。可见，AIM建树算法的研究是 AIM研究领域的一个重要课题。

目前的 AIM可以分为 3 大类，分别是 Mesh-first方法，Tree-first方法和 Implicit方法 (Liljenstam et al. 2001)。在本文所研究的网络视频会议系统中，我们采用 Tree-first的 AIM建树算法，所建立的树为数据源细节树 (Source-specific tree)。在典型的 AIM数据源细节树的建树过程中，如果一个新的节点 n 想要从源节点 s 接收数据，它将向汇合点 (Rendezvous Point) 发送请求，在收到请求后，如果源节点 s 到节点 n 之间的带宽满足连接所要求的比特率 (bitrate)，汇合点将会把 n 加入到 s 所建立的 AIM多播树中。有两种操作方式可以将一个新节点加入到已经建立好的多播树中 (图 1)，这两种操作分别是附加 (attach) 和插入 (insert)。

这两种操作中，附加操作最为直接，插入操作的执行则需要具备一定的条件：如果 AIM多播树中的现存节点都没有足够的带宽将数据传送给新加入的节点 n，但是 n 具备足够的带宽将数据传递给其中的一些节点，那么节点 n 将被插入到已有的连接中。但如果优先执行附加操作，并在只有附加操作失败的情况下才执行插入操作的话，插入操作将不会被执行，这是因为 RP节点只有端到端的带宽信息，节点 n 如果不能通过附加操作被连接到源节点 s，说明 s 到 n 之间的带宽小于连接所要求的比特率，这样，即使 s 到 l 的连接被移除，RP节点并不知道该操作对 s 到 n 带宽的影响，只能维持不变，s 到 n 仍然不能建立链接。为了让插入操作得以执行，当源节点 s 到节点 l 和到节点 n 出现带宽瓶颈时，可以参照以下标准执行插入操作：① 源节点 s 到其他所有节点的带宽都小于连接所要求的比特率；② 存在 1 个节点 i 满足节点 i 到节点 n 的带宽大于连接所要求的比特率。

基于上述建树算法，在本文第 4 部分所做的实验中，笔者采用两种不同的 AIM建树算法来组建 AIM多播树，这两种算法的特点分别是：① 在没有带宽的情况下执行插入操作；② 在即使带宽足够的情况下，也可以尝试使用插入操作。

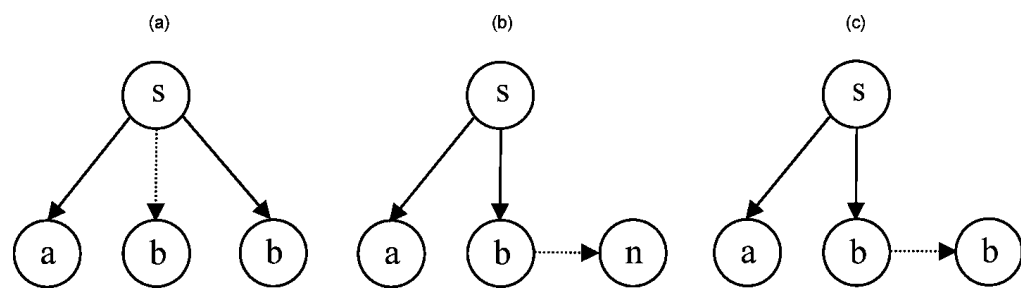


图 1 两种将节点加入 AIM多播树的方法
(a) 和 (b) 采用的操作是附加, (c) 采用的操作为插入

Fig 1 Two possible operations to add node n to an existing AIM tree (a) and (b) demonstrate the attach operation and (c) demonstrates the insert operation

采用此种建树算法的目的, 就是为了在保证稳定性的前提下最大限度地利用网络拓扑中带宽, 从而保证了以此种建树算法建立的网络视频会议系统相对早期的系统对网络带宽有较小的要求。当然, 最大限度地使用网络中的带宽势必会造成所建立的 AIM多播树的不稳定, 因此, 在本文所研究的网络视频会议系统中, 当系统所追求的是达到最大连接成员数时, 可采用建树算法 2 来建立 AIM多播树。而当系统所追求的是保证已建立的 AIM多播树的结构稳定时, 那么网络视频会议系统在建立多播树时可以只选择附加操作来建树, 而不再使用插入操作。这样就使得 AIM算法采用了保守的带宽判断手段来建树, 从而得子节点数在带宽用完后就不再增加, 保证了树结构的稳定。

本文所研究的视频会议系统在对多台电脑建立连接时, 并不需要路由器进行路由支持。互联网中的多台计算机在彼此连接通信的过程中, 需要参与的成员按照一定的顺序相连接。我们将由此产生的连接顺序称为连接请求序列。如果网络中有 n 个节点需要相互连通, 则有如下典型的连接顺序:

$$\{1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 2, 1 \rightarrow 3, 2 \rightarrow 3, 4 \rightarrow 2, 4 \rightarrow 3, \dots, n-2 \rightarrow n, n-1 \rightarrow n\}.$$

该连接序列的物理意义是: 起初网络中只存在节点 1 和节点 2。节点 1 向节点 2 发送连接请求, 节点 2 收到后, 随即也向节点 1 发送连接请求, 从而建立起双向连接; 之后节点 3 加入, 向节点 1 和节点 2 发送连接请求, 节点 1 和节点 2 在收到后也

分别向节点 3 发送连接请求; 按照这个步骤, 在第 n 个节点加入网络之后, 节点 n 向已存在于网络中的 $n-1$ 个节点发送连接请求, 这第 $n-1$ 个节点在收到并接受请求后, 也向节点 n 发送连接请求。最后, n 个节点间就建立起了相互连接。这就意味着跳过了路由器的支持, 各个计算机之间通过连接序列的指导, 已经可以建立相互连接。汶川大地震发生后, 当地的通信设备遭到严重损毁, 但经过早期的抢修后, 一部分灾区的电脑与电脑间还是可以通过有限的网络条件相互连接, 但在这种网络条件下, 想要通过路由器的路由支持运行早期的网络视频会议系统已变得不可能。由于本文中所研究的网络视频会议系统能够通过连接序列的指导自行连接, 这就使得震区的电脑只要能通过震后有限的网络条件进行互相连接, 就可以使用这种网络视频会议系统。

当然, 在震后不稳定的网络条件下, 还应该考虑节点成员的意外离开或者失效造成拓扑结构的突变对传输可靠性的影响。这类影响比较集中地表现在由于节点的失效或网络链路的断开而引起的网络拓扑中的带宽变化方面。因此, 当 AIM多播树中的 1 个节点突然失效或者意外离开时, 就意味着网络拓扑中和这个节点连接的 1 条或多条链路已经断开, 为了保证网络拓扑中剩下的节点间还能正常连接, 在本文所研究的网络视频会议系统中, 比如为节点 i 到节点 j 之间的链路, 当 1 个传输链路被移除后, 节点 i 突然失效, 那么该链路 i 可使用的带宽将会增加, 增加的值等于该链路传输视频信号时所使用的比特率。由于我们并不知道该链路被移除后对其它链路的影响会有多大,

因此，为保证网络视频会议系统仍能正常工作，我们只会去更新被移除的链路的带宽，更新后的带宽 $BW[s \rightarrow j] = BW[s \rightarrow j] + rate$

4 实验和结果分析

为了验证本文所研究的 AIM建树算法的有效性，我们将通过真实的网络环境来模拟数据的传输过程。本文的实验数据来自于真实的互联网数据——Jason Liu的互联网数据工程。该工程中采集的实际网络拓扑信息能够产生大量的网络结构数据来作为仿真实验的输入数据。每次实验都能获得路由信息和节点间链路的带宽和延迟等数据，并以此为依据进行仿真和测试。

仿真实验的流程如下：① 从网络结构工程 (<http://www.chc.uiuc.edu/~jasonliu/projects/topo/>) 提供的数据中得到拓扑；② 对每个测试用例，从拓扑中随机选取 n 个节点作为路由器节点，通过 Dijkstra 计算出它们之间的最短路径；③ 将这 n 个节点分离，去掉其他所有节点和链路信息；④ 向每个路由器节点附加 1 个终端；⑤ 随机设定终端的连接类型，所包括的连接类型为 90% 比例的 ADSL 用户和 10% 比例的 LAN 用户；⑥ 随机地加入末端带宽以模拟终端和路由器节点间链路的带宽：ADSL 用户上行带宽 200 ~ 300 kbps，下行带宽

500 ~ 700 kbps，LAN 用户上、下行带宽均为 10 M
⑦ 假设流量是 100 kbps，执行 AIM 算法得到结果；⑧ 分析实验数据。

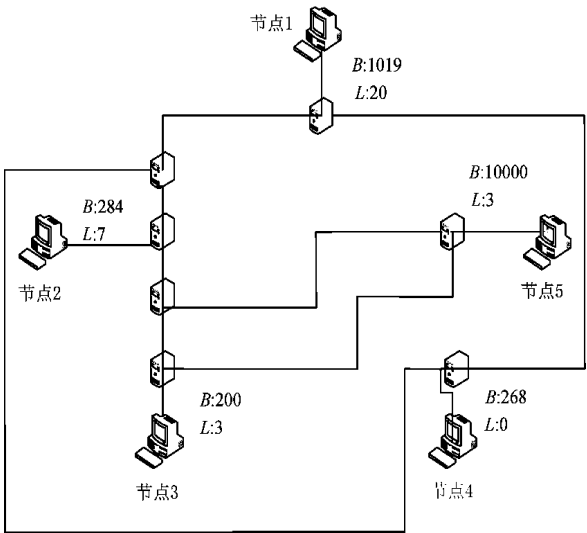


图 2 拓扑图
Fig 2 Network topology

我们选择了多个实际的网络拓扑来进行连通实验。由图 2 所示的拓扑可以看出，其各个节点间链路的带宽较小，这就比较符合震后有限的网络条件，但是实验中我们可以发现，本文所研究的 AIM 算法仍然可以按照连接序列的顺序建立 AIM 多播树，所建树的结构如图 3 所示。

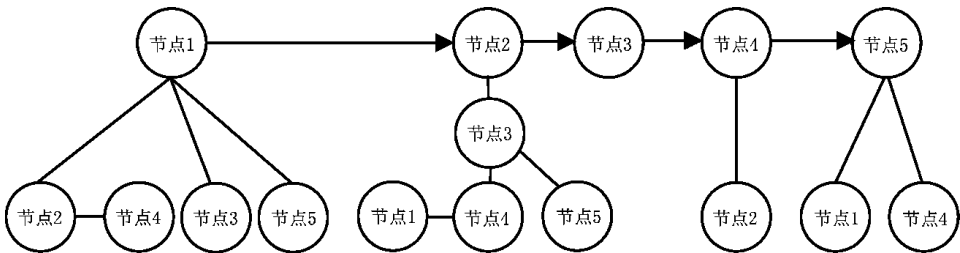


图 3 AIM算法建树步骤
Fig 3 AIM tree construction procedure

5 结论

通过实验结果分析可见，在采用 AIM 算法对多个节点建立 AIM 多播树的过程中，采用连接请求序列来连接各个节点，在最大程度利用网络带宽的前提下，还能避免重复使用带宽较小的链路，

从而降低错误发生的机率。因此，采用应用层多播的网络视频会议系统比早期的采用 IP 组播的系统具有更高优越性，其错误率较小的特点保证了在震后网络条件较为有限时的运行稳定性。此外，由于 AIM 算法的带宽判断标准能够比较从容地应付诸如节点突然失效等网络中突然发生的变化，并保证了所建立的 AIM 多播树的结构稳定性，从

而可以保证在灾区举行网络视频会议时, 视频及音频信号的传送。

参考文献:

- 曹佳, 鲁士文. 2005. 应用层组播的最小延迟生成树算法 [J]. 软件学报, 16 (10): 114—119.
- 李永强, 曹刻, 赵恒, 等. 2007. 云南地震应急卫星通讯技术的系统集成与应用 [J]. 地震研究, 30 (1): 93—98.
- 赵恒, 周兰江, 曹刻, 等. 2007. 云南地震局地震应急通信系统在 2007 年宁洱 6.4 级地震中的应用及发展 [J]. 地震研究, 30

- (4): 395—399.
- Chu Y, Rao S, Zhang H. 2000. A case for end system multicast [J]. //Proceedings of ACM SIGMETRICS 00: 1—12.
- Liljenstam M, Liu J, Nicol D M. 2001. Development of an Internet backbone topology for large-scale network simulations [J]. //Proceedings of the 3rd Usenix Symposium on Internet Technologies & Systems.
- Yeo C K, Lee B S, Er M H. 2004. A survey of application level multicast techniques [J]. Computer Communications, 27: 1547—1568.

Video Conference System with Application Layer Multicast Technology in Earthquake Disaster Emergency

LI Jun, QIN Jia-zheng

(1. School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan, China)

(2. Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

The video conference system which adopts Application Layer Multicast technology can transmit data between different nodes. With tree first method, we study the quick transfer of the earthquake information with modern digital technology. In this paper, we design a kind of video conference system. The simulation test proves that this system can transfer the sound and video signal in a convenient way, so it will be very practical in earthquake emergency.

Key words: Application Layer Multicast; video conference system; tree construction; earthquake disaster emergency



邓柏昌 华南理工大学物理系副教授。1982年7月毕业于合肥工业大学地质系应用地球物理专业,获学士学位。1992年毕业于北京师范大学物理系物理教学专业,获硕士学位。主要从事电离层物理、地震电磁预报、电磁场理论及工科大学物理教学法等方面的研究工作。



武安绪 北京市地震局副局长。1989年毕业于云南大学地球物理系。目前主要从事地震活动、地壳形变、数字波形、综合预报、爆炸识别、信号处理、软件开发等研究工作。



蒋锋云 中国地震局第二监测中心工程师。2002年毕业于东华理工大学测绘系测绘工程专业,获理学学士学位。2006年毕业于中国地震局地震研究所固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地震预报与GPS数据处理及分析等方面的工作。



段虎荣 陕西铁路工程职业技术学院讲师。2002年7月毕业于长安大学测量工程专业,获学士学位;2006年7月毕业于长安大学大地测量与工程测量学专业,获硕士学位;2008年4月开始攻读长安大学大地测量与工程测量学博士学位。主要从事卫星大地测量研究工作。



武艳强 中国地震局地震预测研究所助理研究员。2003年天津大学计算机信息管理专业毕业,获学士学位;2008年中国地震局地震预测研究所固体地球物理学专业毕业,获理学硕士学位。主要从事大地测量数据处理与分析、孕震形变场识别等方面的研究工作。



张建国 河北省地震局邯郸地震中心台工程师。2006年毕业于中国科学技术大学地球与空间科学学院固体地球物理专业,获理学学士学位。2008年毕业于吉林大学地球探测科学与技术学院固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地震监测工作。



李俊 四川大学电子信息学院在读硕士研究生。2006年毕业于四川大学电气信息学院,获工学学士学位。主要从事网络多播技术的研究工作。



庞卫东 2006年毕业于昆明理工大学地球科学系资源勘查工程专业,获学士学位,现为云南大学地球物理系在读硕士研究生。主要从事地球物理数据处理、地震地质及地震活动性分析方面的研究工作。



吕坚 江西省地震局预报中心工程师。2007年毕业于中国科学技术大学地球物理专业,获学士学位。主要从事地震活动性、地震危险性和数字地震学研究工作。



赵刚 中国地震局地壳应力研究所副研究员。2002年毕业于中国地震局地壳应力研究所固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事前兆观测技术研究工作。

注:秦嘉政、付虹、张立、潘纪顺、王赞赞、杨国华、胡亚轩、周光全的简介已分别刊登在本刊 Vol28 No4, Vol30 No1; Vol29 No4, Vol31 No3, Vol32 No2, Vol31 No1, Vol30 No2, Vol29 No2