

# 地震应急卫星通信系统的设计与应用<sup>1</sup>

杨乐<sup>1,2)</sup> 曾薇<sup>2)</sup> 谭颖<sup>2)</sup>

1) 中国科学技术大学, 合肥 230026

2) 中国地震台网中心, 北京 100045

**摘要** 地震应急通信是地震应急救援工作的基础和关键的组成部分。本文从地震应急卫星通信网络的组成及规模、站点配置、组网方式、工作模式、工作模式切换、通信方式、卫星信道规划、业务应用等方面, 简要介绍了中国地震局“十五”期间建设并投入运行的地震应急卫星通信系统的设计以及在地震应急工作中的应用。

**关键词:** 地震应急 卫星通信

## 引言

人们对2008年5月12日发生在汶川的8.0级特大地震仍然记忆犹新, 重灾区的公众通信设施, 包括有线和无线通信系统均遭到严重破坏, 地面通信完全中断, 成为信息孤岛, 严重影响了救灾工作的顺利展开。此时卫星通信依靠其自身特点, 确保在地震灾害发生后, 及时、快速、可靠、稳定地实现视频、音频、数据的传输, 使上级部门能在第一时间获取灾情信息, 并及时开展应急救助工作, 从而极大地减少地震灾害造成的损失, 因此, 应急卫星通信在地震应急救援中发挥了巨大的作用, 成为在遭受地震灾害袭击地区保证应急通信的最后屏障。本文简要介绍了中国地震局“十五”期间建设并投入运行的地震应急卫星通信系统的设计以及在地震应急工作中的应用。

## 1 地震应急卫星通信的特点及需求

由于地震的发生具有突发性和不可预见性等特点, 且往往造成地震现场原有的通信联系瘫痪或不畅, 这就要求地震应急卫星通信应具有处理地震突发事件的能力, 同时还应具备机动灵活的特点。

当破坏性地震发生后, 地震现场与外界尤其是与抗震救灾指挥部的通信联系特别重要, 但这时地面网络, 如: 光纤/微波通信网、固定电话网、数字集群通信网、数据/视频传输网等, 可能已经损坏, 甚至瘫痪(阴志华, 2008; 祝龙双等, 2008), 这就需要有一套不依赖地面网络设施而独立运行的、终端站点口径较小方便灵活的VSAT卫星通信系统来进行地震应

1 基金项目 中国地震台网中心青年基金项目资助

[收稿日期] 2011-07-26

[作者简介] 杨乐, 男, 生于1983年。工程师。主要从事卫星通信网络的运行维护工作。E-mail: yangle@seis.ac.cn

急通信，为国家抗震救灾指挥部、省级抗震救灾指挥部、地震现场抗震救灾指挥部之间提供高速的卫星通信信道，以保障各指挥部之间应急通信业务的通畅。

由于要支持多个抗震救灾指挥部之间的各种组合的通信需求，因此要求卫星通信系统支持点到点、点到多点、多点到多点通信，并且在应急通信期间，可同时支持包括数据、话音和图像在内的多种不同业务同时传输（张毓丰等，2005）。

## 2 地震应急卫星通信系统

地震应急卫星通信系统是中国地震局“十五”期间建设并投入运行的一套全国性的卫星通信系统，它的设计和应用主要包括以下几个方面。

### 2.1 地震应急卫星通信网络的组成及规模

系统基本组成包括：中心站、固定站和移动站，其中移动站分为车载站和便携站。地震应急卫星通信网络设计能力可支持的远端站（固定站和移动站统称为远端站）不少于 80 个。目前地震应急卫星通信网络中正在运行的站点有：

- 1 个中心站，建在中国地震台网中心即国家抗震救灾指挥部；
- 19 个固定站，建在 19 个省级地震局即省级抗震救灾指挥部；
- 21 个移动站，其中国家中心配备了一套便携系统和车载系统，另外 19 个省级地震局各配备了一套便携站或车载站。

### 2.2 地震应急卫星通信网络的站点配置

#### (1) 中心站

中心站配置 6.2 米 Ku 频段天线。射频终端配置 2 台 40W 功放和 2 台 LNB，进行 1:1 冗余热备份设计，具备自动和手动切换功能。

中心站室内基带设备采用 2 台 SKYWAN 5000，1:1 冗余热备份，具备自动和手动切换功能。同时在中心站配置网管工作站和网管软件，实现对全网的控制和业务的集中管理以及全网运行状态的监控。图 1 为中心站设备连接示意图。

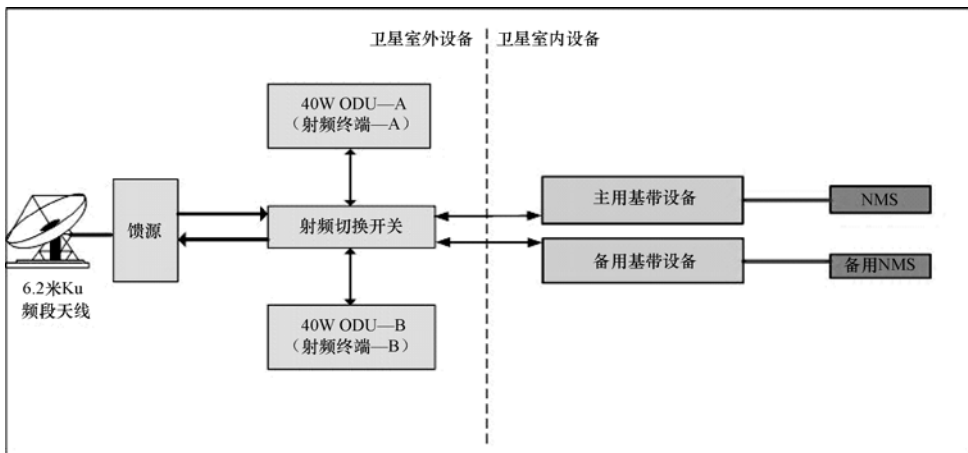


图 1 中心站设备连接示意图

Fig. 1 Flowchart showing the connection of different components

#### (2) 固定站

固定站配置 1 副 3.7 米 Ku 频段天线, 1 台 8W Ku 频段功放和 1 台 LNB, 基带设备配置 1 台 SKYWAN 5000。图 2 为固定站设备连接示意图。

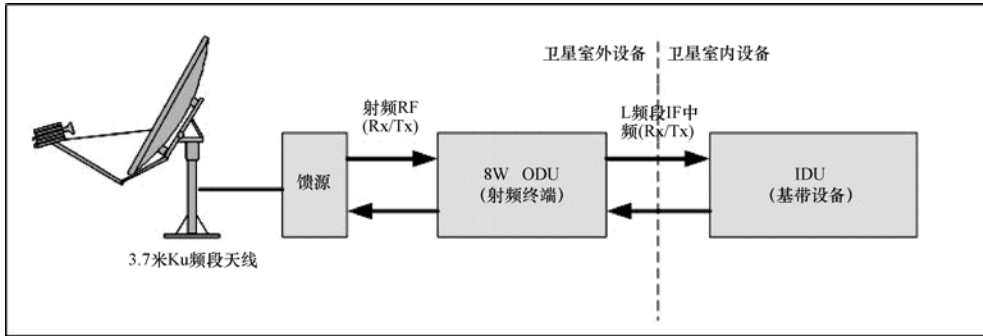


图 2 固定站设备连接示意图

Fig. 2 Connection of permanent satellite station

(3) 移动站

移动站包括车载站和便携站。其中, 车载站配置 1 副 1.8m 车载天线, 1 台 30W Ku 频段功放和 1 台 LNB, 基带设备配置 1 台 SKYWAN2500。图 3 为车载站设备连接示意图。便携站配置 1 副 1m 自动便携天线, 1 台 20W Ku 频段功放和 1 台 LNB, 基带设备配置 1 台 SKYWAN2500。图 4 为便携站设备连接示意图。

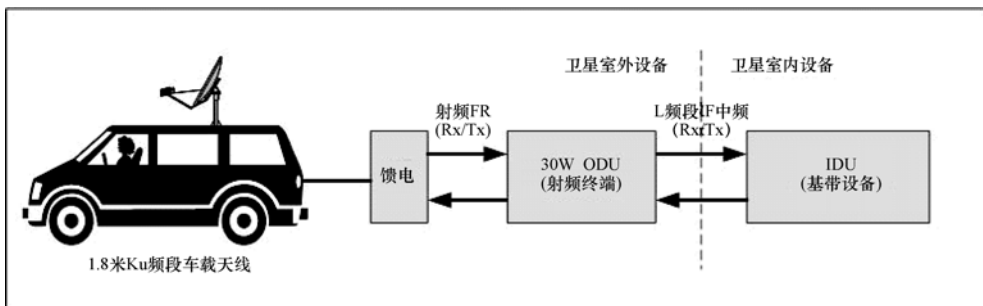


图 3 车载站设备连接示意图

Fig. 3 Connection of mobile satellite station

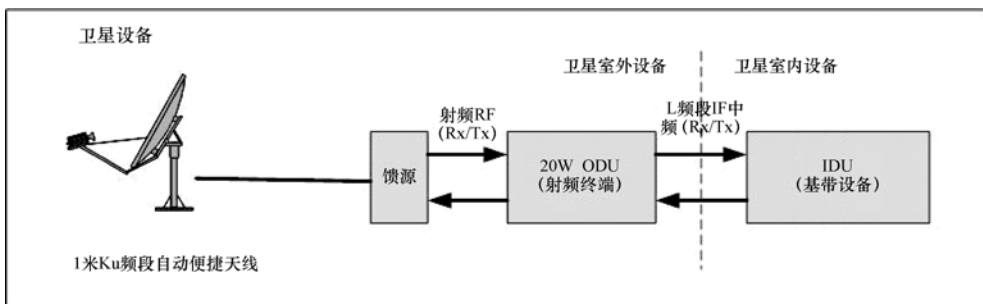


图 4 便携站设备连接示意图

Fig. 4 Connection of carry-on satellite station

### 2.3 地震应急卫星通信网络的组网方式

地震应急卫星通信网为网状结构，支持星状和网状混合通信。在非地震应急时期，中心站为系统主站，19 个省级卫星固定站为远端站，此时为星状网应用，各固定站仅与中心站进行网络管理的信息数据交换及稀路由数据传输；而当某地因发生破坏性地震而进入地震应急工作状态时，移动站赶赴地震现场，架设启用，此时转为网状网应用，参与地震应急工作的中心站、固定站、移动站之间进行互通和交换数据。其组网方式如图 5 所示。当地震发生后，组网方式主要包括以下 3 种工作模式。

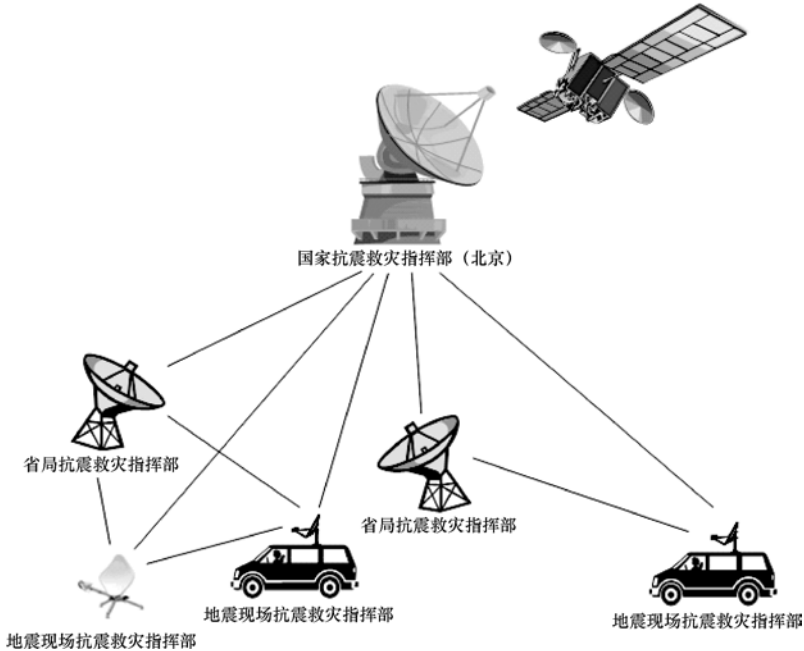


图 5 地震应急卫星通信网组网方式

Fig. 5 Network mode of emergence satellite communication system

模式一：某省发生破坏性地震。当某省发生破坏性地震后，该省（或邻省）的移动站开赴地震现场，建立现场抗震救灾指挥部，并与省级抗震救灾指挥部和国家抗震救灾指挥部建立高速地震应急卫星通信网络，实现三点间的相互通信，如图 6 所示。

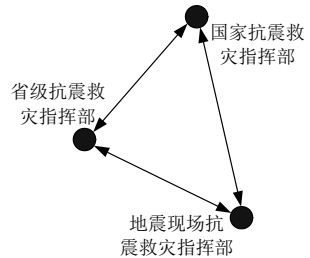


图 6 工作模式一

Fig. 6 A case-operation example in mode 1

模式二：某省发生灾害性地震。当某省发生灾害性地震后，该省以及邻省（或国家中心）的移动站将开赴现场，建立现场抗震救灾指挥部，此时，这 2 个现场抗震救灾指挥部将与省级和国家抗震救灾指挥部建立通信网络，实现 4 点间的通信，如图 7 所示。

模式三：地震发生在两省交界处。当地震发生在两省交界处时，两省各自的移动站开赴地震现场，建立现场抗震救灾指挥部，并分别与各自的省级和国家抗震救灾指挥部建立通信网络，汇报地震现场情况，建立起多个点的地震应急卫星通信网络。

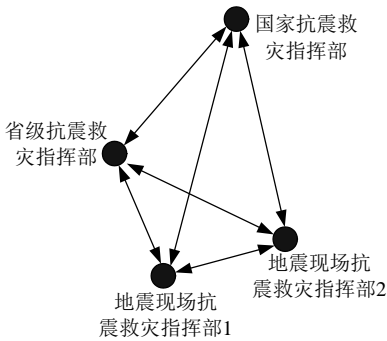


图7 工作模式二

Fig. 7 A case-operation example in mode 2

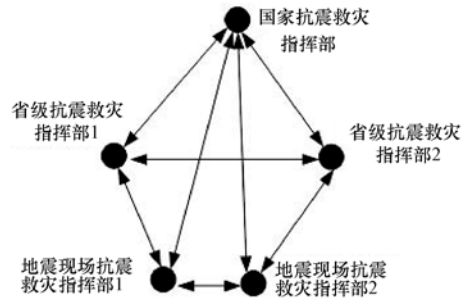


图8 工作模式三

Fig. 8 A case-operation example in mode 3

## 2.4 地震应急卫星通信网络的工作模式

地震应急卫星通信网络可分为2种工作模式。在没有地震应急工作任务时,采用日常模式;在有地震应急工作任务或地震应急演练时,采用应急模式。

### (1) 日常模式

在日常模式中,全网开设1个1.87MHz的TDMA载波,所有站点都共享这一个载波,在这一个载波上通信。此时,中心站的2台SKYWAN 5000设备,1台作为日常模式网络的主用中心站;1台作为日常模式网络的备用中心站。所有站点均可以在此模式下进行设备连通性测试,或低数据量的业务测试(如话音等业务)。

### (2) 应急模式

当系统进入应急状态时,原有日常模式中的1.87MHz的TDMA载波保持不动,中心站的1台SKYWAN 5000仍然保持在日常模式中,作为日常模式网络的控制站点,未参与应急工作的站点仍然在原有的日常模式网络中工作,不受任何影响。而此时中心站的另1台SKYWAN 5000不再作为日常模式网络的备用中心站,而是重新建立一个应急模式网络,可作为应急模式网络的控制站点,并在该应急网络中新建2个高速率的TDMA载波,载波带宽分别为5MHz和3MHz,供参与应急工作的站点使用。

当应急模式网络建立起来后,整个地震应急卫星通信网络实际上就由“1+1”模式(即1个网络,1个载波)变成了“2+3”模式(即2个网络,3个载波)。此种模式可以比较灵活地控制参与应急工作的站点。

## 2.5 地震应急卫星通信网络的工作模式切换

在SKYWAN 5000和SKYWAN 2500设备内可以存储2套引导设备启动文件,一套是永久性文件,另一套是临时性文件。设备每次冷启动,均执行永久性文件,而通过telnet方式或控制软件,可以操作设备以临时性文件启动。

同时在SKYWAN 5000和SKYWAN 2500设备中,日常模式配置文件存储为永久性文件,应急模式配置文件存储为临时性文件。当站点冷启动后,会自动根据永久性文件启动,进入日常模式工作;而当站点需要进入应急模式工作时,则由网管员通过网络管理系统或站点当地的工程师通过telnet方式,将站点以临时文件方式启动,此时站点将进入应急模式工作。若切换不成功,设备未能顺利进入应急模式工作,当地的工程师还可以直接冷启动设备,这时设备将以永久性文件启动,进入日常模式工作;若设备未能以临时文件顺利启动入网工作,

15 分钟后，设备将自动以永久性文件启动，恢复至日常模式工作，以保证中心站与远端站点的通信，以便中心站网管员检查、修改并重新上传应急模式配置文件，使切换工作顺利完成。

## 2.6 地震应急卫星通信网络的通信方式

系统采用时分多址（TDMA）的多址联接方式，TDMA 时分多址联接方式就是把载波的工作时间分割成周期性、互不重叠的时隙，一个周期叫做一帧，系统根据业务需要，将每个时隙配给系统内的各站点使用（陈振国等，2003；王秉钧等，1998）。

## 2.7 地震应急卫星通信网络的卫星信道规划

在卫星信道租用方面，地震应急卫星通信网络长期租用一段 2MHz 的载波，供日常模式载波使用，地震应急期间，再临时租用一段 8MHz 的载波，以节省信道租用费用，载波配置如表 1 和图 9 所示。

表 1 地震应急卫星网络载波配置表

Table 1 List of carrier configuration for emergency satellite communication system

载 波 配 置						
工作模式	调制方式	FEC	信息速率	符号速率	带宽	备注
日常模式	QPSK	3/4	2Mbps	1.33Msps	1.87MHz	长期开设
应急模式	QPSK	3/4	5.25Mbps	3.5Ksps	5MHz	临时增设
	QPSK	3/4	3.15Mbps	2.1Ksps	3MHz	

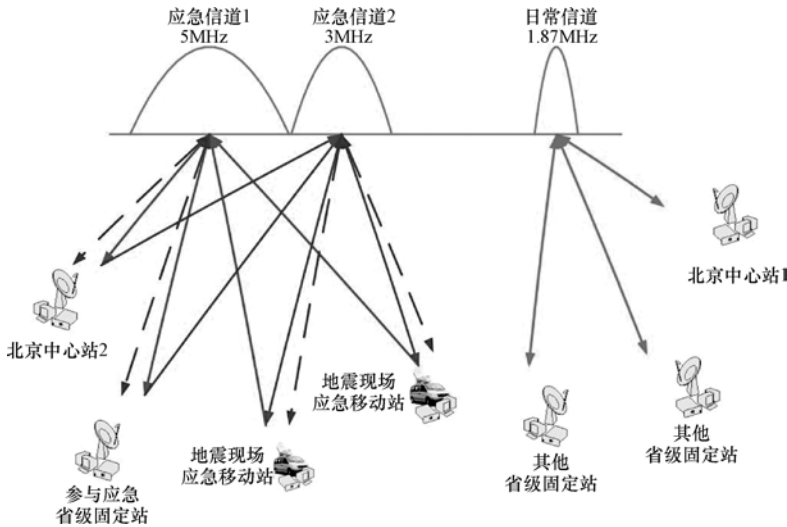


图 9 载波配置示意图

Fig. 9 Carrier configuration

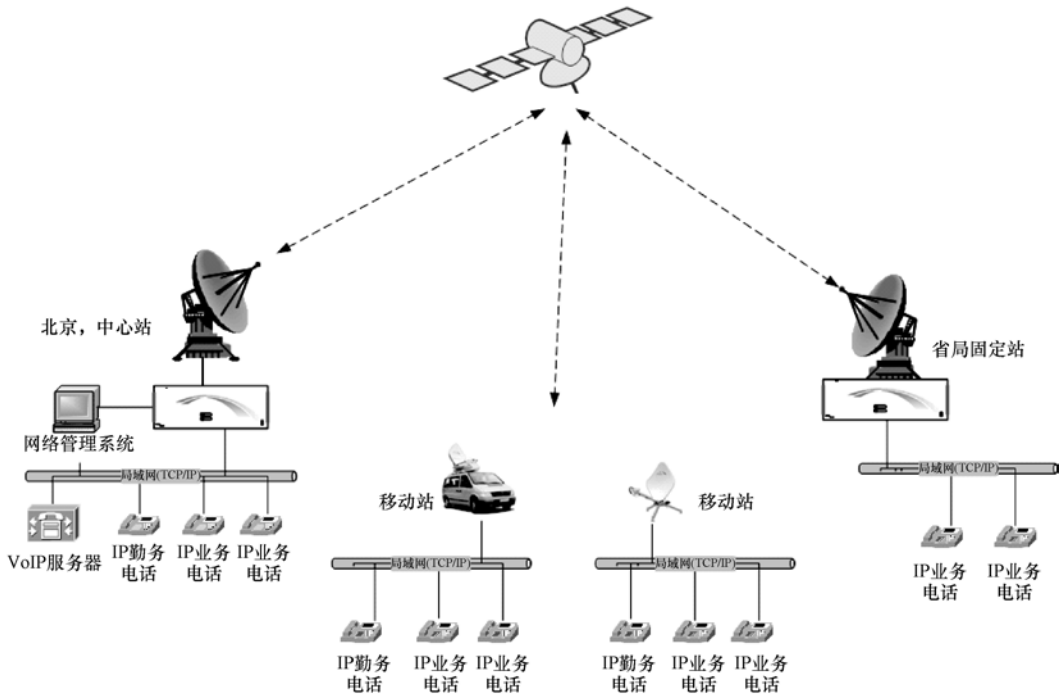
## 2.8 地震应急卫星通信网络的业务应用

作为一个基于 IP 的 VSAT 卫星通信系统，地震应急卫星通信系统可以支持基于 TCP/IP 的任何业务，如：IP 电话、IP 数据传输、视频监控和视频会议等。地震应急卫星通信系统所具有的强大的 IP QoS 功能，可以为 IP 电话、视频监控/会议等实时业务分配高优先级，以保证其传输质量。完全动态的带宽按需求分配功能，可以充分利用卫星的带宽资源。所有业务可以完全共

享所有的带宽。当没有视频传输时，相应的带宽可以释放出来，保证更高速的数据传输。

### (1) 话音业务

地震应急卫星通信网络可支持 2 类话音业务，即各远端站点（固定站和移动站）之间的业务电话，以及移动站（地震现场抗震救灾指挥部）和中心站（国家抗震救灾指挥部）之间的业务电话。在网络中，话音业务享有最高的优先级。图 10 为话音业务的接入示意图。



IP 话音业务采用 G729 (8Kbps) 编码方式，该编码在提供长话质量语音的同时，相对于其它编码（如 ADPCM）占用的卫星带宽较少

图 10 话音业务示意图

Fig. 10 Schematic map of the VoIP service

### (2) 实时视频业务

在地震应急卫星通信网络中，实时的视频图像传输是一种高优先级、非对称方式的业务。而且，该业务的传输可能是多方向的，即需要将某一站点（地震现场）的视频图像同时传送给多个站点，如：国家抗震救灾指挥部、所在省的省级抗震救灾指挥部、邻省的抗震救灾指挥部。

地震应急卫星通信系统支持网状网络拓扑下的 IP 组播功能，因此，对实时视频图像的传输采用 IP 组播方式。这样，通过 IP 组播，只需传输一次即可将一个站点的视频同时传送到多个站点，而无需向不同的站点重复传送多次（需要接收该视频的站点数越多，重复的次数就越多，占用的卫星带宽也越多），从而使卫星带宽得到充分的利用。

在地震应急卫星通信网络中，从地震现场到国家/省级抗震救灾指挥部的视频速率较高，达到了 1.5—2Mbps；而从国家/省级抗震救灾指挥部到地震现场的视频编码速率为 384—512Kbps。为满足这一业务要求，在各站点（固定站和移动站）均需配置相应的、支持 IP 组播的视频编解码器。

图 11 为实时视频图像传输业务的网络连接示意图。在地震应急卫星通信网络中，实时视频业务享有较高的优先级，任何站点之间的实时视频传输均以卫星单跳方式实现。

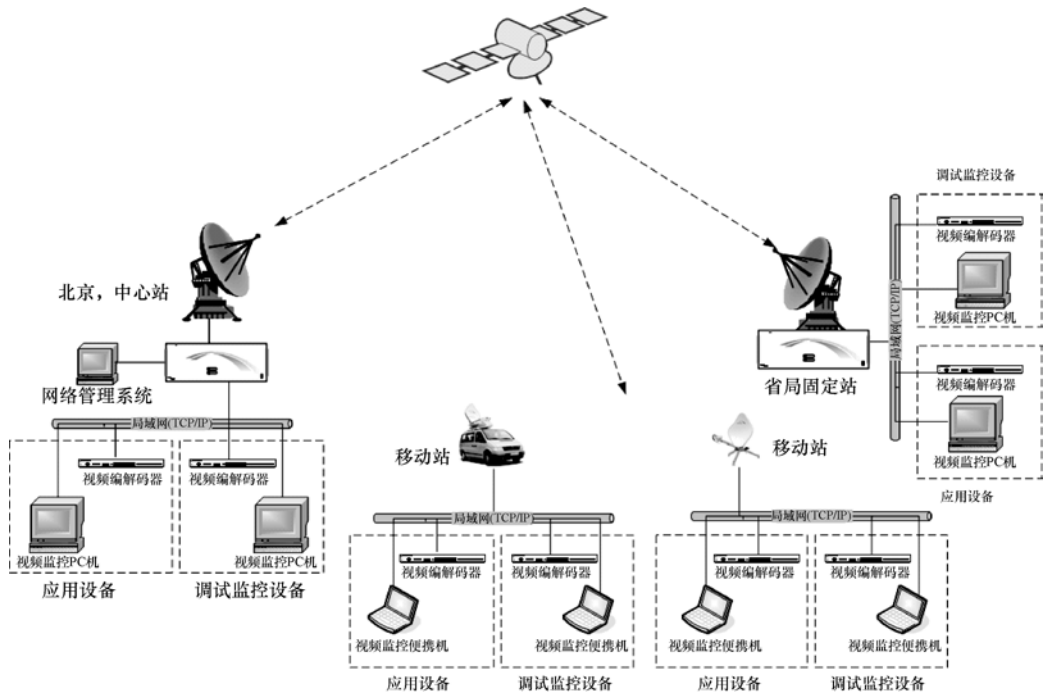


图 11 实时视频图像传输业务的网络连接示意图  
Fig. 11 Schematic map of the image transmission

### (3) 视频会议业务

在地震应急卫星通信网络中，对视频会议业务的速率要求为 768Kbps，其基于 H.323 协议（辛国华等，2010）。对于 H.323 的视频会议，系统采用星状网络拓扑，需要在主会场设立 MCU（多点控制单元）以实现多点会议功能。由于每个分会场均需通过 MCU 建立与主会场的一对对称双向连接，这就意味着主会场的视频被传输了 N 次（N 个分会场）。图 12 为视频会议业务的网络连接示意图。

### (4) 实时数据业务

在 IP 网络中，不论是通过 FTP 方式，还是通过 HTTP 方式进行数据传输，均是基于 TCP 连接的。而在卫星通信网络中，卫星传输延时是一个无法避免的问题，其原因是由于 TCP 协议是一个面向连接的协议，它最初是针对低延时、误码率较高的地面网络而设计的。由于卫星传输延时的存在，既使用户配置了较高速率的载波，TCP 传输所具有的慢启动及窗口机制，使得在卫星环境中基于 TCP 的数据传输效率较低，从而无法充分利用卫星带宽，造成用户投资的浪费。为解决这一问题，在地震应急卫星通信系统中配置有 TCP 加速功能，通过这一嵌入到 IDU 中的软件模块，可以提高 TCP 的传输效率，从而达到充分利用带宽资源的目的。

对于实时数据业务，在现有网络中均以一跳方式实现传输，无论是移动站与省级站之间，还是移动站与中心站之间。图 13 为实时数据业务的网络连接示意图。在数据终端只需提供标准的 RJ-45 接口，即可接入到 10/100Mbps 的本地以太网中。该网络与卫星地面站室内单元之



间也通过 RJ-45 物理接口进行连接。

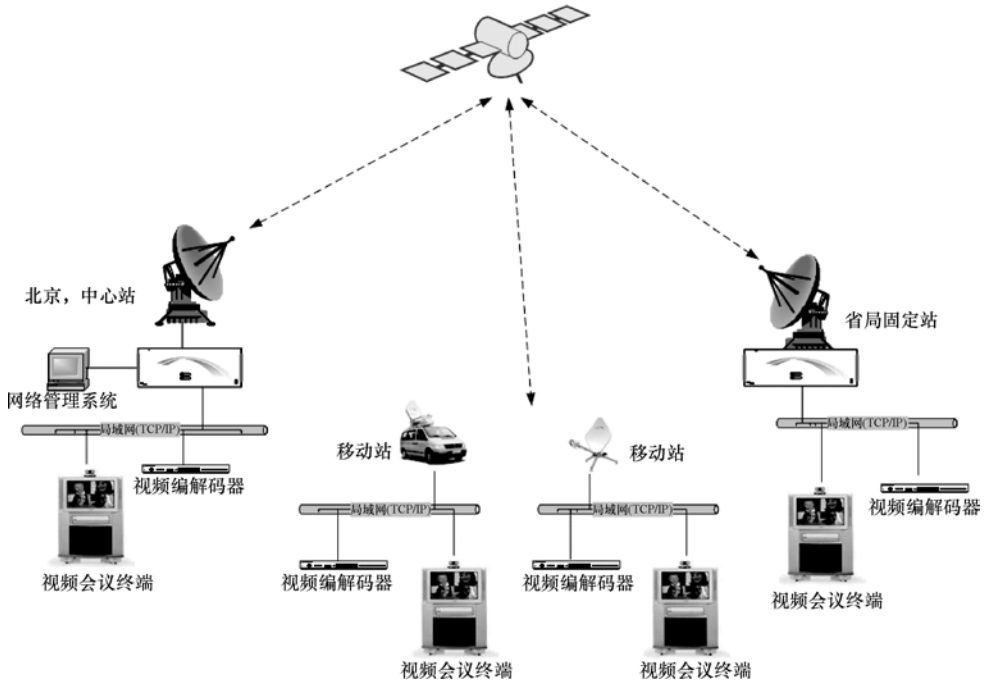


图 12 视频会议业务示意图

Fig. 12 Schematic map of video conferencing

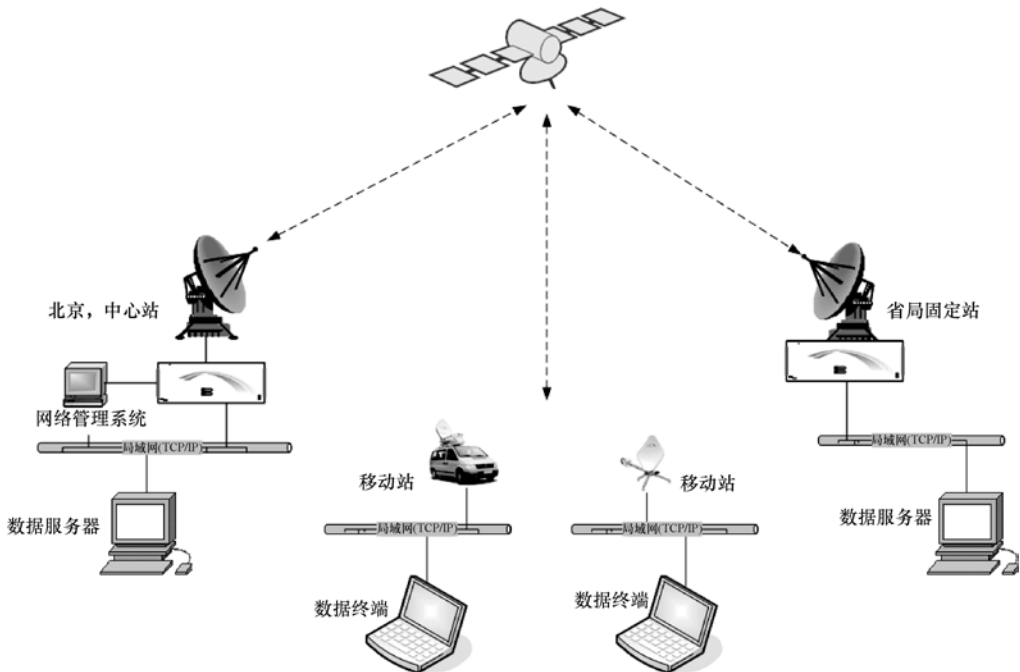


图 13 实时数据业务的网络连接示意图

Fig. 13 Schematic map of real time data transmission

### 3 结语

当地震发生后，原有的通信系统遭到破坏、无法在短时间内修复的情况下，地震应急卫星通信网可较好地完成地震现场的应急通信工作。它可在短时间内快速布设、快速开通，并具有机动灵活、环境适应力强等工作特点，其通信网覆盖面积大，实时性强，接收的突发信息多，可为地震现场各级指挥部之间提供信息通信保障服务，完成地震应急救援工作。因此，地震应急卫星通信网正越来越多地应用于各行各业的应急通信，并且在应用范围、应用规模以及技术水平等方面也呈现出日新月异的发展态势。有理由相信，今后地震应急卫星通信网必将在地震应急保障通信工作中发挥越来越大的作用。

### 参考文献

- 陈振国, 杨鸿文, 郭文彬, 2003. 卫星通信系统与技术. 北京: 北京邮电大学出版社.
- 王秉均, 金万超, 王少勇, 1998. VSAT 卫星通信工程. 北京: 中国铁道出版社.
- 辛国华, 骆杰, 王陆轶, 尹波, 王鹏, 2010. 地震应急平台体系及应急通信系统浅析. 数字通信世界, (7): 54—57.
- 阴志华, 2008. 汶川大地震卫星通信搭起生命之桥. 数字通信世界, (6): 20—22.
- 张毓丰, 邓民宪, 2005. 地震现场应急救援的通信系统设计. 灾害学, (4): 111—115.
- 祝龙双, 施永新, 2008. 卫星宽带在应急通信和灾害备份中的应用. 卫星与网络, (7): 28—33.

## Design and Application of Earthquake Emergence Satellite Communication System

Yang Le<sup>1, 2)</sup>, Zeng Wei<sup>2)</sup> and Tan Ying<sup>2)</sup>

1) University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

2) China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

**Abstract** Earthquake emergency communication is the foundation and the key component in earthquake emergency management rescue mission on site. This paper briefly introduces the design and application of the earthquake emergence satellite communication system which is set up and put into operation during the tenth five year plan of China Earthquake Administration, including network components and scale, station configuration, network mode, operation mode, multiple access, satellite channel planning, practical applications and etc..

**Key words:** Earthquake emergency; Satellite communication