

地震预警和烈度速报台网数据通信模式分析及建议^{*}

崔建文, 林国良, 刘琼仙, 杨黎薇, 徐 硕

(云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 可靠、快速的数据传输是建立地震预警系统和烈度速报系统的基础。分析地震预警和烈度速报对通信的需求, 基于现代通信技术, 从稳定性、可靠性、有效性和抗毁需求出发, 通过给出适用于地震预警系统和烈度速报系统的数据通信模式。就预警系统而言, 目前正在发展中的 SDH 光纤通信模式是最佳的方案; 烈度速报而言, 可以采用 3G 移动通信并辅以北斗卫星短报文通信。

关键词: 地震预警; 烈度速报; 台网数据; 通信模式

中图分类号: P315.78

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2012)04-0555-09

0 引言

要实现地震预警和烈度速报, 除需要良好的地震观测仪器性能、适当的观测台分布、有效的数据处理系统外, 台站与数据处理中心之间稳定、可靠、快速的数据通信是不可缺少的环节。地震预警每一秒都弥足珍贵, 对通信的要求相对于烈度速报要高得多。烈度速报的作用主要在于为紧急救援提供灾情分布。虽然大地震发生后各方都要求立刻知晓灾情, 但一般而言, 要真正展开救援, 还需要一定的时间, 在展开救援前利用烈度速报来判定灾情是较为成功的。因此, 烈度速报对通信的要求只需要是及时的而不是实时的。但无论是预警还是烈度速报, 都要求可靠性高的通信, 保证在大地震发生后, 可有效获取所需要地震动信息。

对于地震预警和烈度速报台网, 单个台点乃至多个台点的失效并不意味着台网功能的丧失, 只要余下的台站提供的信息满足预警和烈度速报的需要。因此, 预警和烈度速报台网对通信的高可靠性要求, 并不是要求每个台站的通信都不可中断, 而仅仅是这种中断不影响台网的基本功能即可。导致台点失效的因素一般有两类, 一是台

站仪器设备故障, 包括地震观测系统、电源系统以及通信设备等的故障; 另一类就是破坏性地震发生时通信设施遭受破坏。前者除非是主干通信线路发生故障, 否则其失效的多为单个点, 而且这种情况的发生与破坏性地震发生重合的几率很小, 可通过及时的修复来恢复台站的功能, 对地震的监测没有实质性的损害; 但后者则导致地震信息获取出现空缺, 如果这种空缺数量足够多, 就意味着台网功能的丧失。因此, 如何在破坏性地震发生时, 保证有足够的通信正常的台站满足台网的功能需求, 是个值得思考的问题。

现代通信技术的发展极大地提高了人们获取信息的能力, 使实时地震观测成为可能, 这是现代地震观测的基础。在现有的通信技术中, 从有线的光纤通信、移动通信到卫星通信, 在地震观测中都有应用。这些通信方式各有利弊, 选择适当的台网通信模式, 既要满足台网长期无地震时低运行成本的要求, 也要保障破坏性地震, 尤其是大地震发生时, 预警和烈度速报最基本的通信需求, 这是建立地震预警和烈度速报台网必需解决的问题。本文通过对现代通信主要几种通信方式的对比分析, 探讨适当的地震预警和烈度速报台网通信模式, 为建立有效的地震预警和烈度速报台网提供参考。

^{*} 收稿日期: 2012-07-12.

基金项目: 国家科技支撑计划《地震预警与烈度速报系统的研究与示范应用(2009BAK55B05)》, 公益性行业科研专项《强震动观测技术系列标准研究(201208014)》联合资助。

1 地震观测台网常用的通信方式

地震观测利用通讯技术实现观测数据的远程传输,在我国,远程地震观测数据传输开始于1966年,最初采用电话线路,虽然传输能力有限,但却将地震观测带入了实时的时代。随着现代通信的发展,不同的通信模式,如无线短波、微波、卫星通信、DDN专线等,在地震观测中都发挥过重要作用(中国地震局监测预报司,2003)。这些通信模式总体可分为两大类,即有线通信和无线通信(纪越峰等,2002)。

1.1 有线通信

有线通信是目前地震观测通信的主要手段,在实时地震观测中,SDH光纤通信已大量得到应用。SDH光纤有线通信的优点在于其强抗干扰性、高稳定性、时延小、大带宽、高传输速率以及保密性较好等。在“十五”期间建设的中国数字强震动台网中,部分台站利用的是PSTN公用电话网拨号,其虽然可以满足仅以获取强震动记录为目的的强震动观测的需求,但实时性差,从使用的情况看,可靠性和效率也不高。

有线通信的弊端为需要布设专门的通信线路,抗击自然灾害能力差,易受雷击和人为破坏。

1.2 移动通信

移动通信技术近年来飞速发展,在我国正由2G向3G通信过渡。由于不需要铺设通信线路,移动通信的主要优点就在于架设非常方便,还能避免雷击导线引入以及线路损毁导致的故障,降低了故障发生的几率。在几种通信方式中,移动通信技术使费最低。但在2G时代,该种通信技术存在着信号稳定性差、时延较长、带宽窄、容易堵塞等问题。“十五”期间,2G移动通信技术也有所应用,在一些测震固定台和流动台,CDMA1x被用于实时传输数据(肖武军等,2009),但效果明显差于光纤通信。在强震动台网中,CDMA1x也有较大范围的应用(崔建文等,2007),但不进行数据的实时传输。

3G通信速率、带宽、时延等指标有非常大提升,测试表明,3G通信(CDMA2000、WCDMA)能有效地实现地震数据的实时传输。但目前3G网络的覆盖面还不小,限制了其在地震观测中的应

用。3G通信虽然在性能上较2G有了很大的改善,但仍然存在着抗干扰能力弱、传输质量不太稳定等问题。

1.3 卫星通信

在所有通信手段中,卫星通信的抗灾能力是最强的,因此,作为应对灾难性地震的通信手段,VSAT卫星通信在一些国家级基准地震台中得以应用(任镇,李大辉,2010),并被用于地震应急通信(李永强等,2007)。卫星通信的优势为不受地理条件的限制,且通信质量稳定可靠。

卫星通信优点明显,但也存在着时延长、运行成本高等明显的缺点,对于VSAT卫星通信,采用较大尺寸的天线,需要精确对星,在遭遇强烈振动时,由于天线剧烈晃动,很难保证通信的正常。

2 地震预警和烈度速报对通信的需求

由于要实现的目标不同,地震预警和烈度速报对通信的要求也有较大的差异,在时间尺度上,地震预警以秒计,烈度速报则可以按分钟来计时。从可靠性来讲,两种系统都要求在破坏性地震发生时,台站通信正常,以保证系统基本功能。

对通信的需求应从单个台站和台网系统两个方面考虑。单个台站的性能是台网整体性能的基础,台网作为一个整体具备应对局部失效的能力。

作为一个需要长期运行的系统,地震预警和烈度速报采用的通信方式除在通信质量上满足要求外,还应易于实现、维护、且经济适用的。如果选择的通信方式在通信指标上能满足要求,但建设难度高、成本大,或者后期难于维护和运行费用难以承受,则是不可取的。从易于实现、维护、经济可承受等因素考虑,应该基于现有的有专业部门维护和保障的公共通信网络来实现地震预警和烈度速报的数据通信。

2.1 地震预警对通信的需求

地震预警对通信的基本要求是以尽可能少的时间将数据传送到数据中心。采用小时延高速网络是一个行之有效的办法,此外,在传输机制上,也应尽可能减少影响通信效率的因素,如信息安全检查、数据误码效验等。其通信的性能指标考虑如下。

(1) 速率

以目前测震台站常规 3 通道、24 bit、100 sps 观测设备考虑,其每秒中产生的数据量为 7.2 kbit,则稳定的通信速率只要不小于 7.2 kbps 即可,单位为 bit/s (bps)。这是保证数据正常传输的最低要求。改变数据采集设备的通道数、采样率和 AD 转换位数,会改变传输速率所需要的最小值。

(2) 误码率

误码率 (BER: bit error ratio) 是衡量数据在规定时间内数据传输精确性的指标 (纪越峰等, 2002), 定义为一定时间内收到的数字信号中发生差错的比特数与同一时间所收到的数字信号的总比特数之比, 即

$$\text{误码率 (BER)} = \frac{\text{出现差错的比特数}}{\text{传输的总比特数}}$$

IEEE802.3 规定零误码率是 10^{-10} , 我国长途光缆通信系统的误码性能要求优于 10^{-9} , 《中国数字测震台网技术规程》规定 (中国地震局, 2005), 对于通信专线, 误码率小于 10^{-7} , 对于 VSAT 卫星通信、公共无线通信和地震信息网络, 误码率优于 10^{-6} (中国地震局, 2005)。对于预警台站, 为减少影响通信效率的因素, 应采用无效验数据传输机制。这一机制的采用意味着对传送的数据没有纠错机制, 只能认为接收到的数据是准确的, 这就要求零误码率, 但实际中是做不到的, 但只要这种误码率不影响结果即可。考虑到预警台站大多较偏远, 线路质量较差, 干扰因素较多, 其误码率可考虑与中国地震局 (2005) 对通信专线的要求相同, 即优于 10^{-7} 。对于 3 通道采样率 100 sps 的 24 bit 数采, 其含义为在每小时传送的数据中, 产生错误的数据量少于 2.52 个, 这种错误所反映出来的异常可以通过数据处理纠正, 是可以接受的。

在《中国数字测震台网技术规程》(中国地震局, 2005) 中, 误码率的测试时间为连续 24 h, 误码率优于 10^{-7} 的指标反映的是在一段时间内允许误码发生的平均值, 反映的是总体符合要求, 但可能出现的情况是, 误码集中出现在很短的时段内, 局部状况严重恶化, 如 24 h 的误码集中在 1 s 内出现, 这样将影响分析结果。因此, 在 24 h 的误码率测试中, 除规定 24 h 内误码率优于 10^{-7} 外,

每个小时的误码率也要优于 10^{-7} 。这时在无效验机制下, 可保障传输的数据仍然是可靠的。

(3) 时延

时延是指一个数据包从一个网络的一端传送到另一个端所需要的时间。产生时延的环节有很多, 主要是由传输媒质时延和网元时延组成的, 可以表示为

$$T = T_s + T_p \quad (1)$$

式中, T 为数据包由发出到接收的时延 (耗时); T_p 是信号在介质中传播耗时产生的传输媒质时延, 与传输距离成正比, 在地面上, T_p 时延仅占总时延很小一部分, 但在卫星通信中, T_p 则是不可忽略的一个部分; T_s 是网元时延, 由发送端、接收端和中间路由转换等设备处理数据时产生。产生网元时延的原因很多, 包括使用的网络设备、网络协议、转发节点数量、数据包的大小等。由于时延与数据包的大小有关, 为统一时延标准, 以 Ping 命令在数据发送端得到数据接收端回应的时间的一半为通信的时延。Ping 命令发送的是 32 bit 的测试数据包。在中国地震信息网的测试显示, 一般情况下, 省级区域内, SDH 光纤通信的时延小于 10 ms, 跨省区范围内, 不大于 100 ms。卫星通信域而公共移动通信 ≤ 1000 ms。

(4) 抗毁需求

本文仅讨论台网通信抗击地震冲击的能力。破坏性地震也可能导致地面通信的中断, 要保证地震中地震波数据的正常传输, 有效的解决办法是配置卫星通信。但就实现地震预警系统的功能而言, 是否需要配置卫星通信系统, 值得探讨。

地震对通信系统的破坏机制主要有两类: 一是强烈的振动直接导致通信设备损坏, 二是建筑物倒塌、地形、地貌发生变化导致线路、通信设施损坏。从震害经验看, 强烈振动直接损坏通信系统的可能性较小, 如在日本“3·11”地震中, 虽然最大的加速度峰值近 3g, 但网络通信基本没有受到影响, 而汶川地震中通信的大面积中断, 与建筑物的大量倒塌、大面积的山体滑坡、断层错动、地表破裂密切相关 (温瑞智等, 2011)。由于建筑物、山体和岩石都有一定的抗破坏能力, 因此, 建筑物的倒塌、山体的滑坡和地表破裂等现象的产生, 需要有一定的强烈地震动作用时间,

即在强破坏性 S 波作用一定的时间后才产生破坏。这一时间目前没有相关的研究,这里假定为 10 s,则从地震开始,地震导致通信中断的时间应不小于 12 s(假设台站位于震中,震源深度 6 km),因此,在最不利的情况下,预警系统也有 12 s 的获取观测数据的时间。如果利用 12 s 的记录进行预警,考虑到近 8 s 的数据传输和处理时间,则预警盲区将大于 70 km,从汶川地震中震害分布来看,在非破裂方向上,震中距(断层距)大于 70 km 后,人员死亡的数量已很少(王艳茹等,2009)。因此,就预警的功能而言,在大地震冲击下,在最不利条件下,地面通信系统可维持 12 s 的通信时间已基本可满足预警的需要,布设具有卫星通信功能的预警台站,并不能实质性地改善预警系统的性能,仅就实现预警的功能而言,预警台网系统并非必须配备卫星通信。

综上所述,如果不考虑其它因素,如非地震引起的滑坡、泥石流等对地震预警系统台网通信的影响,则地震的冲击不足以使预警系统丧失预警的功能。基于地面通信具备抗击地震冲击的能力,系统应是可靠的。

2.2 地震烈度速报对通信的需求

从烈度速报的机制、社会对烈度速报的响应和需求来看,震后 10 min 内给出速报结果是合理和可行的。由于对数据的及时性要求不高,对网络通信的要求也就低于地震预警系统对网络通信的要求,故而可以采取一些会额外增加传输时间的措施来提高传输结果的可靠性。其通信的性能指标考虑如下:

(1) 速率

烈度速报系统数据通信可采用两种方式,一种是实时传输,另一种为事件记录传输。实时传输时,以常规 3 通道、24 bit、100 sps 的台站观测设备性能考虑,则其通信速率的基本要求是有 ≥ 7.2 kbps 的稳定信道。对于事件传输,按 10 min 给出速报结果考虑,要求地震发生后 10 min 内将观测记录传输到数据处理中心。同样以 3 通道、24 bit、100 sps 的台站观测设备性能考虑,对于像汶川地震规模的地震,在强有感范围内,记录的持续时间不超过 3 min,其记录的数据量 1 296 kbit,在记录结束后,将有近 7 min 的时间可用于数据传输,则只要有 3.1 kbps 稳定的通信速率,

即可满足要求。

(2) 误码率

由于地震烈度速报可采用效验机制,对于误码率的要求,可低于预警系统,这里设定为 10^{-6} ,实际应用中还可更低。对于 3 通道采样率 100 sps 的 24 bit 数采,其含义为在每小时传送的数据中,产生错误的数量少于 25.2 个,这种传输错误将通过效验机制纠正。误码率的测试与预警系统相同。

(3) 时延。时延的大小并不会影响烈度速报系统功能的实现。因此,对于烈度速报台网的通信,时延不作要求。

(4) 抗毁需求。与预警系统仅仅只利用前 10 s 地震记录不同,烈度速报需要利用整个观测记录来计算观测点的烈度值。如果地震造成通信中断,则采用实时传输的烈度速报台仅能将通信中断前的数据回传,而采用事件传输方式的烈度速报台,数据全部丢失,数据不完整或缺失将影响烈度速报系统功能的实现。因此,要保证获取极震区烈度速报观测数据,卫星通信是必须的。

由于卫星通信设备的使用费昂贵,只能有部分台站实现卫星通信,这就需要考虑合理的卫星通信台站布设,以尽可能少的卫星通信台站满足烈度速报系统基本功能的需求。

造成地面通信中断的主要原因为建筑物的倒塌、山体滑坡以及地面开裂。地震烈度在Ⅷ度以上,可产生上述震害现象。因此,卫星通信台站应布设在Ⅷ度以上震区。虽然我们不知道未来地震Ⅷ度以上震区的分布,但对于不同的震级强度,可以估计Ⅷ度以上震区的大小,卫星通信台站的布设应使在发生可产生地震烈度大于Ⅷ度以上区域的地震时,有一个卫星通信台站落在Ⅷ度以上区域内。

一般而言,当震级达到 6 级时,就出现Ⅷ度破坏区域,其Ⅷ度区的面积不大于 100 km^2 (孙继浩,2011),如果要使卫星通信台站落到Ⅷ度区内,则卫星通信台站的间距应小于 10 km。在我国,这实际上已超过烈度速报台网可布设的密度。如果我国以 20 km 的间距布设烈度速报台网,这相当于在云南全省布设 1 000 个台站,如果其中有 1/4 的台站,即 250 个台站采用卫星通信,台站的间距已达到 60 km,相当于 $3 600 \text{ km}^2$ 内有一个卫星

通信台站,但250个卫星通信台仍是个比较庞大的数量,且这种密度已很难满足烈度速报基本功能的需求。因此,平均布设卫星通信台站是不可取的,应该从地震发生的特点来寻求问题的解决方案。

从以往的震害经验来看,对通信系统产生冲击的一般是7级以上的地震,而7级以上地震都有明确的构造背景,如果仅在可发生大地震的断层带布设卫星通信台站,则卫星台密度就可加大,能得到更好的烈度速报效果。以汶川地震为例,其断层为龙门山断裂带,断层破裂长度约300 km、宽度最大30 km。按40 km的台间距围绕断层布设卫星通信台站,则只需16个台站即可将汶川地震极震区的状况作很好的描述。因此,通过在具有发生大地震危险性的断层带上布设卫星通信烈度速报台,就可以满足在烈度速报台网实现烈度速报基本功能、抗击大地震冲击的要求。

3 适用于地震预警系统和烈度速报系统的通信模式

3.1 地震预警系统数据通信模式

3.1.1 有线通信

有线通信具有抗干扰能力强、通信质量稳定可靠的特点。在有线通信中,光纤通信已替代传统的金属线缆,应用于通信主干网、各种支线通信甚至局域网中。

经过多年的发展,在通信技术方面,SDH技术已成为主流,以往在测震台网中有较广泛应用的DDN专线技术已被通信公司逐步淘汰。

同步数字体系(Synchronous Digital Hierarchy, 简称为SDH),是一种基于时分复用的同步数字透明传输技术。SDH对网络单元接口有严格的规范要求,具有全球统一的网络节点接口。SDH网络具有较强的生存率,由于严格同步,保证了整个网络稳定可靠,误码率低。从“十五”开始,中国地震局建立了基于SDH的全国地震信息网络,许多地震观测台站实现了数据的SDH网络传输。

3.1.2 无线通信

由运营商提供的无线通信目前有两类,其一是还在快速发展的移动通信,其二是卫星通信。

(1) 移动通信

投入商用的移动通信已发展到第三代3G通信,在我国,目前3G通信还处于普及之中,2G通信仍然在大量使用。

在第二代移动通信发展的GPRS、CDMA1x数据传输技术中,CDMA1x具有比GPRS更大的带宽,最高峰值速率可达307.2 kbps。从理论上讲2G通信完全可以满足地震观测实时数据的传输(7.2 kbps),但由于语音和数据共享信道,随着网络用户数量增加,每个用户可以使用的带宽也将降低,导致数据传输的不稳定。但由于无线移动通信组网方便,在正常情况下,如没有通信量的突然增加,利用CDMA1x基本可以满足地震观测实时数据的传输(7.2 kbps),因此,在我国地震观测中CDMA1x也有应用,尤其是现场应急地震流动观测。

3G通信是工作在2 GHz频段的宽带移动通信系统(纪越峰等,2002)。相比于2G移动通信,其数据传输速率有了大幅提升,最高传输速率达14 Mbps。原则上,在3G信号正常的情况下,3G通信已能很好地支持地震观测实时传输。但3G通信也是多用户共享带宽,也存在2G通信随用户数量增加传输速率降低的问题,一旦通信量突然大量增加,会出现堵塞现象,则通信的质量将严重下降。我国运行的3G标准有3个,即中国移动运营的TD-SCDMA、中国联通运营的WCDMA和中国电信运营的CDMA2000。相比之下,中国电信运营的CDMA2000覆盖面最广,信号质量最好,实际测试显示其具有良好的实时地震数据传输能力。

(2) 卫星通信

卫星通信利用人造地球卫星作为中继站转发或反射无线电波,在2个或多个地面站之间进行通信。目前可用于公共网络通信的卫星主要有VSAT和BGAN卫星系统。

卫星通信具有通信距离远、使用成本与通信距离无关的特点。由于卫星通信的电磁波主要在大气层以外的宇宙空间传播,而宇宙空间被认为是无影响的均匀介质,因此,通信信号稳定、通信质量可靠。但卫星通信也存在时延长、投资大、使用费用高等不足。

① VSAT 卫星系统

VSAT卫星通信技术是20世纪80年代兴起的,我国主要是采用亚洲2号通信卫星。“九五”期

间,根据国家数字地震台网建设需求,中国地震局建立了通信范围覆盖全国的专用 VSAT 卫星通信网(中国地震局监测预报司,2003)。地震卫星通信网主站设在北京,设计能力为 800~1 000 个远端 VSAT 小站,它主要承担了国家和首都圈地震台网数字地震数据的传输、地壳运动基准台站(GPS 台站)数据的传输、地震应急通信等。目前已有多个 VSAT 卫星小站遍布全国各地,其地理位置北至黑龙江黑河,南至西沙群岛,东至乌苏里江,西至新疆塔什库尔干。

VSAT 卫星需要精确对星,天线体积较为庞大,直径一般在 1.2 m。在强烈地震冲击下,很难正常工作。

② BGAN 卫星通信

BGAN 是国际海事卫星组织所主导的宽频全球区域网络系统(Broadband Global Area Network System)的第四代卫星通信系统。它是基于 IP 技术的移动卫星宽带数据通信业务,提供可靠的、高速的数据解决方案(最高速率可达 144 kbps)。

BGAN 卫星通信具有天线尺寸小、容易对星,采用全向天线,可实现动中通,因此,具有良好的抗震性能。虽然通信设备投入不高,但使用费用高昂,仅能短时间应急使用。

3.1.3 讨论

在通信的质量、性能上,全光纤 SDH 技术应该说所有通信技术中最优异的,完全可以满足预警台站的数据通信要求,是最可取的通信模式。从性能上讲,DDN 技术也能很好地满足地震预警数据传输的需求,但随着 SDH 技术的不断推广应用,通信运营商对 DDN 的支持将逐渐减弱,其投入的设备面临使用期内淘汰的风险。但 SDH 最小带宽 2 Mbps,相对于 7.2 kbps 的预警数据传输需求而言,浪费较大。

相比于有线通信,无线通信除不用铺设通信线缆,建设简便且使用费低廉外,在速率、稳定性、质量等方面都较有线通信差。由于卫星通信费用高昂,在必须采用无线通信时,宜选择 3G 通信中的 CDMA2000 或者 WCDMA 系统,台站移动信号应不小于 -50 dBm。在有线通信和移动通信都不可达到的地方,使用 VSAT 卫星通信系统。

一般通信时采用的都是带宽共享机制,有线通信的大带宽保证了不易出现通信堵塞现象,对

于移动通信而言,其带宽容量按正常状况下设计,但遇突发事件时,用户短时间集中上网,大幅突破正常容量,造成每个用户可使用带宽严重下降,通信不畅。而地震就属这种突发事件,为保障地震时预警台站数据通信的带宽需求,在信道上应开辟预警台站数据通信专门带宽通道,为预警台站留有足以保证地震实时数据正常传输的带宽。这种机制的安排对于移动通信尤为重要。

就实现预警系统功能而言,采用卫星通信并不能增强预警系统抗击地震冲击的能力,但可以增加获取的地震信息量。为了获取更多的地震信息,需要适当配置一些卫星通信台站,但在极震区,在激烈震动下,常规的 VSAT 通信设备不能准确对星,因此,应采用对星更简便的 BGAN 卫星通信技术。但 BGAN 卫星使用费非常高昂,45 元/分钟,应考虑将 BGAN 通信作为地面通信的一种备份使用,在地面通信正常时,通信由地面系统完成,当地面通信中断时,立刻转为卫星通信。

3.2 烈度速报系统数据通信模式

3.2.1 实时通信模式

烈度速报台站对数据传输的实时性要求比预警系统要低,因此,适用于预警系统的通信方式都适用于烈度速报系统。从降低运行成本考虑,在有 3G 网络(CDMA2000、WCDMA)覆盖的地方,应考虑采用 3G 网络。

3.2.2 事件传输模式

可以进行事件传输的通信方式有很多,只要满足能在地震发生后 10 min 内将数据传输到处理中心即可,但采用在线通信方式更有利于后期台网运行维护。利用 SDH 网络实现台站事件的数据传输在技术上不存在问题,但在 SDH 网络可以应用时,台站数据采用实时传输将更直观有效。

在我国,CDMA1x 已大量应用于强震动台站事件数据传输,且运行状况良好。但随着 3G 网络的普及,对 CDMA1x 的支持将会被逐渐放弃。因此,在有 3G 网络的地区,采用 3G 网络不仅会得到越来越强的技术支持,而且其通信速率也高许多,利于尽快回传事件记录。

3.2.3 讨论

与地震预警仅能利用地震初始几秒的记录不同,要可靠地确定地震烈度,需要尽可能完整的地震动记录。在大震导致地面通信系统破坏时,

利用卫星通信将地震观测数据传送到数据中心非常必要。在地面通信中断的情况下,采用 VSAT 卫星或者 BGAN 卫星通信技术来实时传送地震动数据,或者传送事件数据,在技术上不存在问题,但无论前期投入还是后期维护,成本都会很高,应该寻求其它的卫星通信方式。

烈度速报系统通过对地震动记录的处理,获取了一系列用于进行烈度速报的参数。采用实时数据传输或者事件数据传输时,一般是将这种处理的功能设置在数据中心。如果将数据处理的功能设置在台站,将处理得到的参数传送到数据中心,则台站数据传送的量将得以极大的缩减,这时,就可以利用我国的北斗卫星导航系统的通信功能实现烈度速报数据的卫星通信。

北斗卫星导航系统是中国自行研制开发的区域性有源三维卫星定位与通信系统(CNSS),该系统不仅具有定位、授时功能,还具有独特的通信功能,用户可以一次传送 200 个汉字的短报文信息,能够满足传输地震烈度参数的要求(姚作新,2012)。

对于需要配置卫星通信的烈度台站,同时配备地面通信和北斗卫星双系统,正常情况下,台站的数据通信通过地面通信系统完成,北斗卫星通信仅在地面通信系统遭受破坏时启动。

4 讨论

4.1 烈度速报台数据在预警中的应用

虽然地震预警台站要求尽可能密集布设,但由于台站建设环境要求严、成本高,在台网的密度上会比烈度速报台网要小。将烈度速报台应用于地震预警中,可增加预警系统获取地震信息的能力。烈度速报台与预警台最大的区别在于,烈度速报台对数据传输实时性的要求比预警系统低。当然,可以参照预警系统的要求提高烈度速报台网数据通信的性能,但由此而带来的是烈度速报台网维护成本的增加。应探讨在不改变烈度速报台运行模式的情况下,应用烈度台的观测数据。

如前所述,实现烈度速报功能的数据传输可采取实时或者事件传输的模式。对于实时传输方式,可直接应用于预警数据的处理中。因此,需要探讨的是非实时传输数据时烈度台站数据在预警中的应用。

预警的数据处理是要从地震波中提取可用于反映地震源特征的一系列参数,实时传输数据时,是将这种处理设置在数据中心。如果在台站配置数据处理终端,对地震波进行预警参数的提取,然后发回数据中心,则只要台站与数据中心的通信联络不中断,在数据中心端获取的预警参数与由中心处理得到的参数将不存在差异。在采用移动通信 CMDA1x 或者 3G 作为事件数据传输方式时,台站与数据中心的通信始终是在线的。因此,烈度速报台站采用移动通信传输事件数据模式时,可利用通信信道一直在线的特点,在台站配置数据处理终端,通过传送预警参数的方式,实现烈度速报台站数据在预警中的应用。

4.2 先进通信技术的应用

通信技术发展非常迅速,在进行相关规划时,虽然要采用成熟的技术,但也要有一定的预见性,避免采用即将过时的技术,造成投入的设备在使用期限内就被淘汰。目前,有两个新的通信技术值得关注,其一是 IPv6,另外一个就是第四代移动通信系统。

4.2.1 IPv6 技术

目前网络通信使用的是 IPv4 技术,它的最大问题是网络地址资源有限,且分配严重不均,在总共 40 亿个地址中,北美占了 30 亿个,而亚洲只有 4 亿个,到 2012 年,中国的 IP 地址资源将会枯竭。IPv6 技术的提出主要就是为解决 IPv4 地址资源不足的问题。

IPv6 地址量理论上达到 2^{128} 个,几近无限。因此,从长远来看,IPv6 是个完整的解决方案。但 IPv6 从提出到现在已近 20 年,一直未能进入实用,原因主要在于,IPv6 不能兼容 IPv4,要将 IPv4 过渡到 IPv6,前期巨大的投入将被放弃,这是运营商和广大网络使用者所不能承受的;此外,一些其它技术的应用也较大程度地减缓了 IP 资源消耗的速度,如 NAT。另外,也有一些新技术,如 suIP(超级 IP)(孙文胜等,2008)、IPv9(胡顺等,2008),能基于前期投入的基础上发展,因此,IPv6 最终是否能得到普及,并不明朗。

但 IPv6 已被确立为我国下一代互联网技术,在预警系统和烈度速报系统相应的设备中通过软件的方法实现对 IPv6 的支持,将有利于今后网络的过渡,保护投资。

4.2.2 第四代移动通信技术

移动 3G 技术在我国还处于推广阶段,但移动 4G 技术已基本成熟,中国移动正开展大规模商用试验,4G 的应用也应有所考虑,因此,在选用 3G 技术时,应考虑今后的升级。

4.3 政策法律保障

预警和烈度台站观测数据通过公共通信信道传输。实际上,不仅仅网络的故障、通信设施的损害会造成通信的中断,当通信量突然大幅度增加时,信道的拥堵也会造成通信的中断。地震事件的发生往往会导致通信量的暴增,堵塞信道,造成在最需要地震观测数据时不能正常传输。为保证地震观测数据在通信量突然暴增的情况下仍正常传输,需要在政策、法律的层面上赋予预警和烈度数据优先传输的权利,在通信系统中为地震观测数据设置特殊机制,预留特殊的固定带宽,解决通信堵塞导致的地震观测数据传输中断的问题。

5 结论

快速可靠的数据通信是预警系统和烈度速报系统的重要环节,通过分析预警系统和烈度速报系统对通信性能的需求,本文结合目前可以利用的公共通信手段,讨论了能保证预警和烈度速报需求的通信模式,得到以下一些结论:

(1) 采用光纤 SDH 技术的通信方式,是预警系统数据传输的最优选择。不仅可获得优异的通信效果,并且由于 SDH 技术是未来发展的主要方向,保证了设备的投入有较长期的使用保障。

(2) 从实现预警的功能考虑,卫星通信系统的应用并不能增强预警系统的抗冲击能力。因此,不需要为增强预警系统抗冲击能力而配置卫星通信预警台站。

(3) 烈度速报系统的通信可采用光纤 SDH 技术,但从降低运行费用考虑,宜采用 3G 移动通信系统,并采用事件传输模式。

(4) 使用卫星通信方式可增强烈度速报系统抗击大震冲击的能力,因此,应布设卫星通信烈度速报台站,这些台站应配置卫星通信和地面通信双系统,卫星通信仅在地面通信中断时启用。

从降低建设投入和运行费用考虑,卫星通信台宜采用北斗卫星短消息通信方式。通过将数据处理从中心端前移到台站端,提取必要的烈度速报参数,通过短消息发送到中心。

(5) 通过将数据处理功能前移到台站端,基于在线的移动通信模式,对于非实时传输地震动数据的烈度速报台站,可实现其观测信息的预警应用,增强预警系统的能力。

(6) IPv6 技术虽然推广应用缓慢,但仍有必要在通信设备中加入对 IPv6 的支持,以保护建设的投入。

(7) 应从政策和法律方面确定预警系统和烈度速报系统数据通信的优先权,在信道上保留足以确保地震动数据高质量稳定传输的带宽,避免在突发事件发生时,通信拥堵导致预警系统和烈度速报系统数据通信不畅甚至中断。

参考文献:

- 崔建文,高东,李世成,等. 2007. 新的云南数字强震动观测网络[J]. 地震研究,29(增刊):453-458.
- 胡顺,徐冬梅,高林. 2008. 浅析 IPv9 十进制网络[J]. 信息技术与标准化,12:26-28.
- 纪越峰. 2002. 现代通信技术[M]. 北京:北京邮电大学出版社.
- 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,31(1):93-98.
- 任镇,李大辉. 2010. 卫星通信在地震监测与地震应急中的应用与发展[J]. 卫星与网络,5:36-38.
- 孙继浩. 2011. 川滇及邻区中强地震烈度衰减关系的适用性研究[D]. 北京:中国地震局地震预测研究所.
- 孙文胜,张晓晓,任超. 2008. IPv4 地址不足解决方案综述[J]. 中国新通信,17:40-43.
- 王艳茹,王宝光,戴君武,等. 2009. “5·12”汶川大地震人员伤亡的时空分布特点[J]. 自然灾害学报,(6):52-56.
- 温瑞智,周宝峰,史大成,等. 2011. 日本 M_w 9.0 强震动观测与记录初步分析[J]. 国际地震动态,(4):18-21.
- 肖武军,高景春,黄文辉,等. 2009. “十五”网络项目中测震台站 CD-MA 数据传输方式浅析[J]. 地震地磁观测与研究,30(1):70-75.
- 姚作新. 2012. 基于北斗卫星短信通信方式的无人值守自动气象站网[J]. 气象科技,(3):340-344.
- 中国地震局. 2005. 中国数字测震台网技术规程[M]. 北京:地震出版社.
- 中国地震局监测预报司. 2003. 地震信息网络[M]. 北京:地震出版社.

Analysis and Advice on Data Communication Mode in Earthquake Early Warning and Intensity Rapid Report Station Network

CUI Jian-wen, LIN Gou-liang, LIU Qiong-xian, YANG Li-wei, XU Shuo
(*Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China*)

Abstract

Reliable, fast data communication is the basis of earthquake early warning and intensity rapid report system. We analyze the communication needs of earthquake early warning and intensity rapid report, and give the data communication mode which is stable, reliable, effective and survivable for earthquake early warning and intensity rapid report system based on modern communication technology. SDH optical fiber communication mode being in the development is the best solution in the early warning system, however we could choose 3G mobile communication supplemented by Beidou satellite short message communication in intensity rapid report system.

Key words: earthquake early warning; intensity rapid report; station networks; communication mode