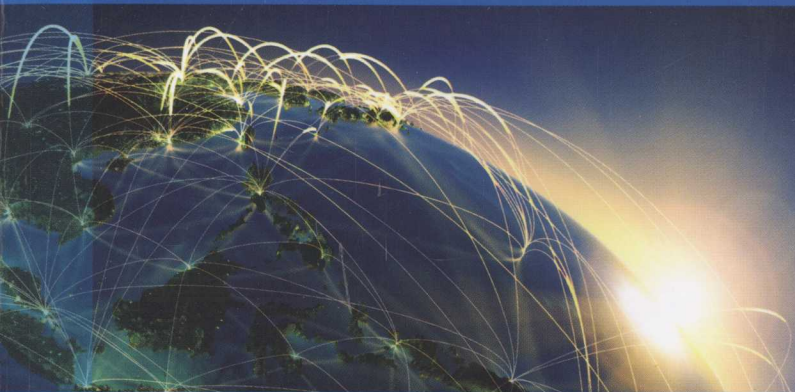




基于分层多域的 应急通信系统监控技术

JIYU FENCENG DUOYU DE
YINGJI TONGXIN XITONG
JIANKONG JISHU

张德育 冯永新 张德慧 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

基于分层多域的应急 通信系统监控技术

张德育 冯永新 张德慧 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

基于分层多域的应急通信系统监控技术/张德育,
冯永新, 张德慧著. —北京: 国防工业出版社, 2013.5
ISBN 978-7-118-08819-9

I. ①基… II. ①张… ②冯… ③张… III. ①应
急通信系统—监视控制 IV. ①TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 094251 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880×1230 1/32 印张 5¼ 字数 164 千字

2013 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前 言

随着社会的发展,通信网络在人们的日常生活中扮演着越来越重要的角色,一旦通信网络发生故障,将会给人们的生活带来极大的不便,严重时还会引起社会混乱,甚至危及国家安全,造成难以想象的后果。应急通信系统(Emergency Communication System)正是在出现自然或人为的突发性任务或灾难的紧急情况下,为更好地协调参与救助的各部门的行为,综合利用通信网络和各种通信资源,高效率地处理这些突发事件而提供通信功能的系统。

随着各种新体系和新技术的应用,以及功能需求的改变,未来应急通信系统将更加复杂,系统对设备、软件和环境等更加依赖,因此,为使应急通信系统在各种环境下达成目标,保障应急通信系统安全、可靠地运行,对应急通信监控系统提出了更高的要求。

本文以应急通信系统为背景,首先在分析其特点及现有监控技术的基础上,设计了分层多域监控体系结构,该结构具有扩展性好、可靠性高等特点,能够减小网络时延,提高系统吞吐率。并在此体系结构中采用了基于 ART2 神经网络的自适应域首选举算法,提高了域首选举的稳定性,减少了域首选举带来的网络开销,对系统的可靠性提供了保证。

在此基础上,针对应急通信系统中的设备、链路及软件的特点,结合分层多域体系结构的特点以及对高效数据采集系统的需求,并在分析常用数据采集相关技术的基础上,构建了高效的适用分层多域体系结构的数据采集模型。该模型采用了集中式与分布式相结合的数据采集模式,并改变了传统的轮询与主动汇报的采集方式,引入了移动代理技术以及主动和被动相结合的采集方法,实现了对应急通信系统

设备及其链路性能指标的全面、高效采集。

同时,分析了传统故障诊断模型和常用诊断方法,提出基于分层多域故障诊断专家系统模型,该模型包括域内诊断部分和域间协同诊断部分,有效地实现了分布式多域的故障诊断。另外,为了提高域内故障诊断专家系统的诊断效率提出了基于故障发生频度的学习机制,能够对经常发生的故障及时地进行诊断,快速、准确地定位域内发生的故障,并采用移动代理技术进行设计,以降低协同诊断对应急通信系统性能的要求,提高域间协同诊断的可靠性。

最后,研究分层多域监控系统中的操作系统数据和一般数据的备份恢复技术。在操作系统数据备份恢复技术方面,研究设计了基于 Magic Packet 的远程唤醒技术,该技术通过向远程节点发送 Magic Packet 数据帧唤醒远程故障节点并进行远程数据恢复,并针对该技术的安全机制进行改进。该技术具有软硬件兼容性好、简单易实现的特点。在一般数据备份恢复技术方面,采用快照技术的思想,利用该技术可在极短的时间内生成数据的瞬时映像作为快照备份的依据,快照备份速度快且内存资源浪费少;此外,通过记录备份和恢复的断点位置,实现了断点备份恢复,从而保证了在突发的情况下备份恢复的连续性。

感谢大连大学潘成胜教授、刘治国教授,沈阳理工大学刘勇教授、姜月秋教授、田野教授、张文波副教授、田明浩副教授、谭小波副教授、赵运弢副教授、黄迎春副教授、刘芳副教授、钱博副教授、隋涛副教授、刘猛副教授以及付立东、吴瑞睿、杨秀杰等老师和原沈阳理工大学硕士研究生陈强果、宋元、张南、刘书、梁晓峰、张准,他们对本专著的写作给予了热情的帮助,并以不同的形式对本专著的出版做出了贡献,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,作者水平有限,书中难免出现不准确的地方,敬请读者批评指正。

作者

2013年1月于沈阳

内 容 简 介

随着各种新体系和新技术的应用,以及功能需求的改变,未来应急通信系统将更加复杂,应急通信监控系统应具有实时性、高效性、可操作性、健壮性、安全性、完备性等特征。本书致力于应急通信监控系统整体结构的研究,研究内容包括分层多域监控体系结构设计、应急通信系统功能模型设计、数据采集相关、故障诊断相关技术以及远程数据自动恢复支持等。

本书适合于理工科大学的研究生、博士后和教师阅读,也可供自然科学和工程技术领域中的研究人员参考。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 应急通信系统概述	1
1.2 应急通信系统特点及其监控系统要求	3
第 2 章 分层多域应急通信监控系统体系结构	8
2.1 完全分布式体系结构	9
2.2 分层分布式体系结构	10
2.3 分层多域监控组织模型	11
2.3.1 域的初始化	12
2.3.2 域的管理	12
2.3.3 域的健壮性	13
2.4 常用分域算法	13
2.4.1 主动分域算法	13
2.4.2 被动分域算法	22
2.4.3 算法的对比和分析	23
2.5 基于 ART2 神经网络模型的自适应域首选举算法	24
2.5.1 ART2 神经网络的结构	24
2.5.2 算法描述	30
2.5.3 仿真验证及性能分析	32
第 3 章 分层多域应急通信监控系统功能模型	35
3.1 系统监控的特点和技术指标	35
3.2 系统监控的主要对象	36
3.3 系统监控的关键技术	37
3.3.1 网络通信技术	37
3.3.2 图形处理技术	38

3.3.3	数据库应用技术	38
3.3.4	辅助决策技术	39
3.3.5	移动代理技术	39
3.4	系统监控的功能模型	41
3.4.1	通信平台	42
3.4.2	数据采集	42
3.4.3	故障诊断	44
3.4.4	信息存储与管理	44
3.4.5	用户交互界面	45
3.5	移动代理的迁移策略	45
3.5.1	迁移策略	45
3.5.2	迁移策略演示	48
第4章	分层多域监控系统数据采集技术	49
4.1	常用数据采集管理框架模型	49
4.1.1	集中式管理模式	50
4.1.2	分布式管理模式	51
4.2	基于分层多域监控体系结构数据采集模型	55
4.2.1	域间数据采集层	57
4.2.2	域内数据采集层	57
4.3	数据采集指标体系	58
4.3.1	设备类对象的指标体系	59
4.3.2	链路类对象的指标体系	60
4.3.3	软件类对象指标体系	68
4.4	数据采集方法研究	72
4.4.1	常用数据采集方法	72
4.4.2	分层多域监控系统中数据采集方法	76
4.5	数据采集关键技术	91
4.5.1	时间同步的解决	91
4.5.2	采集频率的确定	94
第5章	分层多域监控系统故障诊断技术	97
5.1	应急通信系统故障特点	97

5.2	故障诊断体系结构	98
5.2.1	集中式诊断体系结构	99
5.2.2	分布式诊断体系结构	100
5.3	分布式多域故障诊断体系结构	101
5.4	专家系统	103
5.4.1	专家系统的定义	103
5.4.2	专家系统的结构	104
5.4.3	专家系统的知识表示	106
5.5	域内故障诊断	111
5.5.1	域内故障诊断模型	111
5.5.2	域内专家系统的知识表示	114
5.5.3	域内专家系统规则库的设计	117
5.5.4	域内专家系统的学习机制	124
5.5.5	域内诊断流程	126
5.6	域间故障诊断	127
5.6.1	域间故障诊断模型	127
5.6.2	域间专家系统规则库的设计	131
5.6.3	域间协同诊断流程	133
第6章	远程操作系统数据自动恢复支持技术	135
6.1	基于 Magic Packet 的操作系统恢复技术	137
6.2	系统功能分析	137
6.3	基于操作系统恢复的远程控制技术	138
6.3.1	现有远程控制技术分析	139
6.3.2	Magic Packet 技术在操作系统恢复中的应用	140
6.4	远程操作系统恢复的模块设计	147
6.4.1	远程唤醒模块的设计	147
6.4.2	操作系统数据恢复模块设计	149
第7章	远程数据文件恢复相关技术	152
7.1	备份恢复的整体设计	152
7.1.1	分层分布式多域结构下的备份系统模型	152
7.1.2	备份恢复策略设计	153

20	7.2 数据的多源下载备份模型	155
99	7.2.1 静态下载算法模型	156
100	7.2.2 动态下载算法模型的建立	156
101	7.3 数据备份设计与实现	158
101	7.3.1 在线备份的设计和实现	158
101	7.3.2 增量备份的设计与实现	162
104	7.3.3 断点备份的设计	164
109	7.4 数据恢复的设计与实现	165
111	7.4.1 多线程数据恢复	165
111	7.4.2 断点恢复的实现	167
	参考文献	168

第1章 绪 论

1.1 应急通信系统概述

随着社会的发展,通信网络在人们的日常生活中扮演着越来越重要的角色,一旦通信网络发生故障,将会给人们的生活带来极大的不便,严重时将会引起社会的混乱,甚至危及国家安全,造成难以想象的后果。应急通信系统正是在出现自然或人为的突发性任务或灾难的紧急情况下,为更好地协调参与救助的各部门的行为,综合利用通信网络和各种通信资源,高效率地处理这些突发事件而提供通信功能的系统。应急通信所涉及的紧急情况包括个人紧急情况以及公众紧急情况,应急通信突出体现在“应急”二字上,在面对公共安全、紧急事件处理、大型集会活动、救助自然灾害、抵御敌对势力攻击、预防恐怖袭击和众多突发情况的应急反应,均可以纳入应急通信的范畴。

当今社会,日益增多的大型集会类事件给现有通信系统带来极大的压力;同时,一系列的突发事件诸如地震、火灾、恐怖事件等不断地考验着政府及其相应的职能机构的工作能力和办事效率。因此,提高政府及其主要职能机关的应变能力和反应速度越来越成为焦点话题。在大型集会时,数以万计的人群集中在一起,某些区域的通信设施处于饱和状态,严重的过载会使通信瘫痪直至中断;在消防案例中,建筑物被毁严重时,楼体内的通信设施基本处于瘫痪状态,而现场周围的公用通信网无法完成指挥调度的功能,同时对图像、视频的支持度也比较低;在公安办案尤其是重大恐怖事件的处理过程中,国家、地方领导需要实时地掌握案发现场的状况,这时候通过应急通信网络

实时的采集现场图像尤其突出；更有甚者，在破坏性的自然灾害面前（如地震、洪水、暴风雪等），基础设施包括通信设施、交通设施、电力设施等完全被毁，灾区在一定程度上属于孤城的状态时，所有的现场信息都需要实时的采集、发送、反馈，在这种紧急情况发生时，应急通信系统将发挥其重要的替补作用，协同各种通信网络和通信设备，使应急人员无论在何时何地，采用何种接入方式，都可优先利用残存的通信资源建立呼叫会话，保障通信的畅通。

在不同情况下，对应急通信系统有不同的要求^[1-3,8]。

（1）由于各种原因发生突发话务高峰时，应急通信要避免网络拥塞或阻断，保证用户正常使用通信业务。通信网络可以通过增开中继应急通信车、交换机过负荷控制等技术手段扩容或减轻网络负荷。并且无论什么时候，都要能保证指挥调度部门的正常的调度指挥等通信。

（2）当发生交通事故、环境污染等事故灾难或者传染病疫情、食品安全等公共卫生事件时，通信网络首先要通过应急手段保障重要通信和指挥通信，实现上述自然灾害发生时的应急目标，满足上述需求。另外，由于环境污染、生态破坏等事件的传染性，还需要对现场进行监测，及时向指挥中心通报监测结果。

（3）当发生恐怖袭击、经济安全等社会安全事件时，一方面要利用应急手段保证重要通信和指挥通信；另一方面，要防止恐怖分子或其他非法分子利用通信网络进行恐怖活动或其他危害社会安全的活动，即通过通信网络跟踪和定位破毁分子、抑制部分或全部通信，防止利用通信网络进行破坏。

（4）当发生水旱、地震、森林草原火灾等自然灾害时，通信网络可能出现两种情况：自然灾害引发通信网络本身出现故障造成通信中断，网络灾后重建，通信网络通过应急手段保障重要通信和指挥通信。应急通信的目标即是利用各种管理和技术手段尽快恢复通信，保证用户正常使用通信业务，实现如下目标，即应急指挥中心/联动平台与现场之间的通信畅通；及时向用户发布、调整或解除预警信息；保证国家应急平台之间的互联互通和数据交互；疏通灾害地区通信网话务，防止网络拥塞，保证用户正常使用。

应急通信系统在城市运转遭到突发灾害或事故时,承担着及时、准确、畅通地传递第一手信息的“急先锋”角色,是决策者正确指挥抢险救灾的中枢神经。应急通信只有在突发灾害来临时,真正及时、准确、畅通地传递抢险救灾信息,才能把城市安全管理的第一道关。应急通信系统的重要性决定了该系统必须具备较强的抗打击、抗毁能力,系统必须对自身的状态作出调整,具有一定的自愈能力。然而,应急通信系统常应用于各种不同环境,有时环境的恶劣和其他因素(如恶意攻击、器件老化等)会对系统的正常运行造成影响,从而带来不可估量的损失,因此有必要实时监测应急通信系统的运行状况并对其进行有效的控制,这就迫切需要监控系统对系统及各种设备的工作状态、运行环境等进行监控,并及时采取相应措施进行组织、管理和维护,以确保系统能够连续、可靠、无故障地运行。

监控系统正是为了保障应急通信系统的稳定与不间断运行,实时地检测系统运行状态。监控系统通过数据采集设备采集到应急通信系统中的设备、链路、软件等实时数据,对数据进行判断,自动、迅速地系统状态作出反应、对故障作出相应调整等操作。监控系统是应急通信系统的保障系统,没有监控系统的应急通信系统是脆弱的。

1.2 应急通信系统特点及其监控系统要求

应急通信系统需要独立于公众网络之外,打造出信息高速公路上的应急专用车道。如果应急通信依赖公众网络,一旦发生应急事件,即使通信基础设施没有遭到破坏,由于公网通话量激增,也会导致公众通信拥塞或瘫痪,既无法进行调度指挥,也无法保障政府决策与支持系统的信息传输畅通。同时,在应对诸如反恐等重大突发公共安全事件时,通常需要创造不对称的通信环境,在切断恐怖分子通信的同时,政府和公安人员仍然可以通过专网进行调度指挥,并通过无线宽带网络将现场视频图像传回指挥中心,及时掌握恐怖分子动向。此外,为了应对地震、飓风等破坏通信基础设施的应急事件,还有必要部署

以应急通信车为主体，与卫星、微波传输相结合，高速率、高带宽、支持高速移动的城市机动应急指挥网络，作为城市应急通信专网的有效补充。

综上所述，应急通信系统必须满足以下几个基本要求^[4-7]：

(1) 小型化，这里的小型化并不是针对常规状态下的应急通信系统。常规情况下，系统是大区制的、广泛覆盖的，基站设备复杂，功能完善，可以满足公安、交警以及政府其他职能机关的工作要求。在特殊情况下，如地震、洪水、雪灾等破坏性的自然灾害面前，基础设施部分或全部受损，这时的应急通信设备需要具有小型化的特点，以便迅速运输、快速布设、节约能源，甚至能够最大限度地支持设备的移动。

(2) 快速布设，不管是基于公网的应急通信系统，还是专用应急通信系统，都应该具有能够快速布设的特点。在可预测的事件诸如大型集会、重要节假日景点活动等面前，通信量激增，基于公网的应急通信设备应该能够按需迅速布设到指定区域；在破坏性的自然灾害面前，留给国家和政府的反应时间会更短，这时应急通信系统的布设周期会显得更加关键。

(3) 节能型，由于某些应急场合电力供应不健全，完全依靠电池供电会带来诸多问题。因此，应急系统应该尽可能地节省电源，满足系统长时间、稳定的工作。从基站设备到移动终端均应该严格满足节能要求。鉴于通信对电力有很强的依赖性，在应急指挥车上应适当增加小型的发电油机、太阳能蓄电设备及备用电池等设备，尤其是要加强小型卫星电话储备的向下延伸力度。

(4) 移动性，要求电信基础结构是由可携带的、可重新部署的或完全机动的设施组成。覆盖范围以一个县城为基本覆盖范围。承载设施包括车辆（陆地）、直升机/无人机（空中）、飞艇（平流层）、车载卫星 VSAT 系统，可以根据覆盖范围选择一种或几种（在建设前需要在不同地形条件下进行实测以取得确切数据）。指挥调度中心可以大到指挥调度车辆、飞机、飞艇，小到笔记本电脑、PDA 等移动设备，利用无线链路远程监控整个系统。从而使指挥人员可以根据实际情况从容地应对各种应急场合。

(5) 简单易操作, 应急通信系统要求设备简单、易操作、易维护, 能够快速建立、部署、组网; 操作界面友好、直观, 硬件系统连接端口越少越好; 所有接口标准化、模块化, 并能兼容现有的各种通信系统。

随着各种新体系和新技术的应用, 以及功能需求的改变, 未来应急通信系统将更加复杂, 系统对设备、软件和环境等更加依赖, 因此, 为使应急通信系统在各种环境下达成目标, 保障指挥控制有效进行, 对系统监控提出了更高的要求。这主要表现在以下几个方面:

1. 新体系的应用对系统监控的需求

随着信息栅格概念的引入, 应急通信系统的监控体系结构、技术结构将发生根本性的变化。

栅格^[9-13], 又名网格, 是构筑在互联网上的一组新兴技术, 它利用互联网把分散在不同地理位置的计算机组织成一台“虚拟的超级计算机”, 实现计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、软件资源、通信资源、知识资源、专家资源等的全面共享。栅格这个名词是从电力输电网而来的。由于电力资源有电力栅格, 人类可以很方便地从墙上的插座获取强大的电力资源。人们设想把自己的计算机插入信息栅格, 像获得电力资源一样获得所需各种信息资源和知识资源。从空间拓扑上看, 栅格是由一组纵横交叉的线连成的几何图, 从物理存在上看, 有提供电力资源的电力栅格、帮助判别地理位置的地图栅格、由各种交通工具和道路组成的运输栅格、描述高性能计算项目的分布式计算栅格。利用栅格可以共享资源、协同工作, 栅格大小可以是单一的一个小组, 也可以是项目的集群栅格, 直至为地球上任何地点的用户提供服务。

信息栅格是实现信息的共享、管理和提供信息服务的系统, 主要解决的是广域、异构信息的共享、互连和互操作问题, 达到消除信息孤岛现象, 以满足各个组织信息共享需求的目标。它是由一套覆盖范围很广的互连的端到端的信息系统、相关过程以及专业人员组成, 旨在根据各种用户的要求收集、处理、存储、分发和管理信息。它还包括实现信息优势所必需的全部现有的和租用的通信系统、处理系统、

软件、数据、安全系统及其他相关业务，能够为各单元提供所需的信息，并能实现向各种用户提供接口。这个概念的引入，使得应急通信系统所有信息综合一体化处理。由于应急通信系统中存在如此大量的设备、网络、协议标准，在这样复杂的系统，尤其是在该系统将会随着时间演进的情况下，需要建立与之相适应的监控体系结构，这必将为应急通信系统的发展提供动力，为系统性能的提高提供手段。

2. 传感器技术的应用对系统监控的需求

传感器技术^[14-18]是关于传感器设计及应用的技术，是近来新兴的一种网络应用技术，它是一组传感器构成的有线或无线网络，其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖地理区域中感知对象的信息并发布给观察者。它的应用延伸到了各种恶劣条件限制的环境中，通过布置一定规模的传感器网络，可发挥其隐蔽性和适应性好的特点。传感器网络通过一定的程序进行管理，这些自动运行的程序使得各个传感器所获得的信息可以在最短的时间内传送到信息中心。传感器网络具有如下特点：网络节点数量巨大，节点分布密度不均匀，但是大部分节点并不迅速移动；由于体积的限制，网络节点的能量资源和计算能力更为有限；根据不同的应用需求，数据发送模式多样，但是信息流量都具有一定的方向性；网络能够自动配置，自动识别节点，具有很强的自动管理和协同性；节点的故障率高，网络有较强的容错能力。

从上述分析可以看出，随着新体系和新技术的应用，将导致应急通信系统进一步复杂化，同时，被引入新技术的自身特点又导致现有系统监控技术和体系结构不能对其实施较完备的监控，因此，为保证未来应急系统能发挥其应有效能，迫切新体制下的系统监控技术用以完成对系统的监控，提高系统的可靠性和可用性，以此提升对应急通信系统的监控能力，提高系统的性能、可靠性、生存性、可维修性以及监控覆盖范围，指导监控系统的设计研制，为监控系统的设计开发提供共性理论基础和指导，从而显著提高监控系统设计开发水平。

因此对应急通信系统监控的目的是保证系统能安全有效的运行，应急通信系统监控应具有以下特性：

(1) 实时性，应急通信系统监控必须能及时、准确地反映系统状

态，保证系统在发生问题时能实时地反映给系统监控人员。

(2) 高效性，应急通信系统监控在发现问题时，能及时发现问题原因并能根据需要给出相应的解决方案，保证系统能快速的恢复，减少系统故障带来的损失。

(3) 可操作性，应急通信系统的监控对象、监控方法、监控策略根据系统要求及运行环境特性进行实现。

(4) 健壮性，即可靠性，应急通信系统监控本身在部分失效或系统设备部分失效时，仍能完成部分或全部监控功能。

(5) 安全性，安全性对应急通信系统来说特别重要，一般是指系统监控要求具有一定的安全保护，包含三个方面：①身份验证，能够可靠地确定接收到的数据与发送的数据一致，并且确保发送该数据的实体与其所宣称的身份一致；②完整性，能够可靠地确定数据在从源到目的地传送的过程中没有被修改；③机密性，确保数据只能为预期的接收者使用或读出，而不能为其他任何实体使用或读出。

(6) 完备性，完备性包含两个方面，一方面从功能角度看，应急通信系统监控要求能完成所有定义的监控功能；另一方面从监控对象角度看，应急通信系统监控要覆盖所有可监控对象。