

Kuangqu Xiayidai Wangluo Tixi Jiegou He Chuanshuceng Guanjian Jishu Yanjiu

矿区下一代网络体系结构和传输层 关键技术研究

张 林 刘 辉 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

矿区下一代网络体系结构和传输层 关键技术研究

张 林 刘 辉 著

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书分析了 DM 的综合传输网络,提出了建立 MNGN 的必要性,讨论了 MNGN 的主要功能和特点,给出了其分层功能模型;对构建 MNGN 宜采用的拓扑结构以及传输制式进行了研究,设计了 MNGN-TLP 的 MAC 参考模型和利于跨环传输的通用帧结构;着重讨论了 MNGN 传输层的关键技术,主要包括传输节点模型关键技术、多环互连网络关键技术和带宽公平控制关键技术的研究,并通过计算机仿真实验进行了验证;研究提出了分级 QoS 的 MNGN 公平算法。

图书在版编目(CIP)数据

矿区下一代网络体系结构和传输层关键技术研究/张林,
刘辉著. —徐州:中国矿业大学出版社,2016.9

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2934 - 2

I. ①矿… II. ①张… ②刘… III. ①矿区—矿山通信—通信网—研究 IV. ①TD65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 297153 号

书 名 矿区下一代网络体系结构和传输层关键技术研究

著 者 张 林 刘 辉

责任编辑 于世连 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 6.75 字数 168 千字

版次印次 2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

定 价 50.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

运用下一代网络的设计思想建立数字矿山综合传输网络平台是本书的基本出发点。为此本书提出了矿区下一代网络(MNGN)的概念,并结合矿山环境、需求及矿区通信网的研究和发展现状,确定了研究 MNGN 体系结构和传输层关键技术的具体目标。本书主要创新点:① 提出了 MNGN 的框架模型;② 设计了兼容 RPR 标准帧的 MNGN-TLP 通用帧格式,利于多环互连网络中跨环帧的快速转发;③ 提出了收敛快的分级 QoS 带宽公平分配算法。

本书首先给出按功能垂直分层的网络结构和基于软交换的网络融合结构等参考模型,进而研究 MNGN 的拓扑结构和传输制式,建立起 MNGN 的总体框架,为矿区网络的融合和演进指明方向。研究表明,MNGN 宜分为业务、控制、传输和接入四层,网络融合由传输层开始,首先实现各种信息的综合传输,进而解决各种信息的综合接入问题,逐步演进到建立以软交换为核心的控制层,独立出业务层,实现“三网合一”乃至 MNGN。环型拓扑的传输网络可靠性高,根据煤矿矿区特点,宜在矿区各矿之间建立主干环,各矿地面和井下分别建立局部环,其他重要场所还可以建立局部小环,各环之间通过相切互连,形成多环的 MNGN-TLP 核心网络,在 TLP 的边缘则是分支树状的接入层网络。在环网传输制式方面,SDH 和工业以太环网从传输效率、可靠性和方便使用等角度考虑各有利弊,更合理的方案是借用兼有两者优点的 RPR 技术思想,进一步改进其跨环传输性能,作为网络的统一传输制式,兼顾 MNGN-TLP 的效率、可靠性和成本。

在上述基础上,重点解决包括多环互连网络中基于环标识的自动拓扑发现与跨环传输技术、网络节点 MAC 模型和性能优化技术以及分级 QoS 的带宽公平分配算法等关键技术。提出了以优化网络性能为目标设计的节点功能结构,包括目的节点剥离、空间重利用、自动保护倒换和 OAM 网络管理,以及改进的插入缓冲环、带宽公平控制、自动拓扑发现等一系列提高网络性能的模块。本书提出的基于环标识的自动拓扑发现与跨环传输方法及有关的传输帧格式能与 RPR 标准帧兼容,与已有的 IEEE 802.17 桥接方案、分级树状广域互连方案和双介质接入控制的多环互连方案相比,更侧重于节点快速转发的硬件实现和网络运行的鲁棒性,因而传输延时更小,并具备更高的灵活性和稳定性。通过分析矿区通信流量的特征,确定了 MNGN-TLP 中带宽占用状况的分级标准,提出了分级 QoS 的带宽公平分配算法,经仿真证明其性能优于 RIAS 公平算法。利用 NS2 网络仿真软件设计 MNGN-TLP 标准节点和交叉连接节点,建立了 MNGN-TLP 的仿真实验平台,对分级 QoS 公平算法收敛性和跨环传输实时性进行了分析验证,获得了初步满意的结果。

由于作者水平有限,书中难免存在一些不足甚至错误之处,恳请各位读者给予批评指正。

目 录

1 概述	1
1.1 数字矿山和下一代网络	1
1.2 矿区下一代网络	3
1.3 矿区下一代网络技术相关研究和发展现状	7
1.4 本书结构	15
2 MNGN 体系结构和传输制式研究	16
2.1 MNGN 的体系结构	16
2.2 MNGN 的拓扑结构	21
2.3 MNGN-TLP 的环网传输制式研究	26
2.4 小结	30
3 MNGN-TLP 多环互连技术研究	31
3.1 MNGN-TLP 多环互连网络基本构成	31
3.2 已有几种跨环传输方案分析	32
3.3 MNGN-TLP 通用帧格式设计	34
3.4 MNGN-TLP 多环互连自动拓扑发现	35
3.5 MNGN-TLP 跨环传输方法	44
3.6 小结	47
4 MNGN-TLP 仿真平台及跨环传输性能分析	48
4.1 提高 MNGN-TLP 性能的若干关键技术	48
4.2 MNGN-TLP 节点结构	53
4.3 MNGN-TLP 跨环传输延迟仿真	57
4.4 小结	62
5 MNGN-TLP 公平控制机制研究	63
5.1 MNGN-TLP 公平模型研究	63
5.2 分级 QoS 公平算法研究	71
5.3 分级 QoS 公平算法性能仿真	86
5.4 小结	87

6 结论..... 90

6.1 主要工作和创新点..... 90

6.2 今后工作的展望..... 91

参考文献 92

1 概 述

1.1 数字矿山和下一代网络

本书研究的是数字矿山和下一代网络的交汇点——运用下一代网络的设计思想构建数字矿山的综合传输网络平台。

1.1.1 数字矿山及其综合传输网络

煤炭业是以自然资源为生产对象的古老产业,目前煤炭占我国能源总量的 70% 以上,处于十分重要的地位。但是煤矿尤其是地下开采的矿井工作环境恶劣,大多仍处于劳动密集型阶段,信息化程度低,可能造成突发性事故的因素很多,安全形势不容乐观。因此,及时、有效地采集和利用煤矿井下各种环境及工况参数,用信息技术改造和提升传统产业,实现采煤自动化,做到减人增效,甚至实现井下无人开采,才能真正保证煤矿生产的安全和高效。而要实现矿山信息化和自动化,首先要实现矿山信息的数字化。

数字矿山(Digital Mine,简称 DM)的概念最早在 1999 年首届国际数字地球会议上提出,此后围绕 DM 的科学研究与技术攻关迅速兴起并不断深入。2001 年,国际 APCOM 会议上组织了首次国际 DM 主题讨论;2004 年 4 月,中国科协青年科学家论坛亦以数字矿山战略与未来发展为主题。在各种会议和期刊论文中,对数字矿山的特征、体系框架、技术基础和关键技术以及数字矿山与信息化、自动化之间的关系等课题进行了深入探讨,对数字矿山的认识也更为明朗和清晰。2006 年,业内专家提出的数字矿山总体架构(图 1-1),正是这一系列研究成果的结晶。

图 1-1 描绘的数字矿山,体现了数字矿山以信息化带动自动化,为煤矿安全、高效生产服务的本质;指出了数字矿山的建设必须有两大基础平台作支撑,即综合传输网络平台和统一数据仓库平台;综合传输网络平台从硬件结构和软件配置上保证数字矿山的各个子系统模块都遵循统一的传输模式和统一的接口形式,而统一的数据仓库平台则保证各模块遵循统一的数据表达格式和统一的数据管理方式;表明了数字矿山是一个复杂的、综合性的、规模巨大的系统,需要多学科协同工作、长期努力才能实现。

在数字矿山的建设中,综合信息传输网络平台的建立及其关键技术的研究是通信学科的重点。数字矿山对该综合传输网络平台提出相当高的要求。该平台不仅要能为各种不同的应用子系统提供统一的实时可靠的传输通道和方便的网络接口,便于各子系统组成各自的逻辑网,更重要的是在煤矿井上和井下、矿区各煤矿之间、矿业集团各管理和服务机构之间的传输网络都应该是统一的、完整的和一体化的,不仅要具备良好的流量控制能力和丰富的网管功能,以便最大限度地利用网络资源,还必须具备良好的开放性和可升级性,以适应不断发展的煤炭生产的实际需求。为此,应研究覆盖全矿区的、安全可靠并与全球通信网同

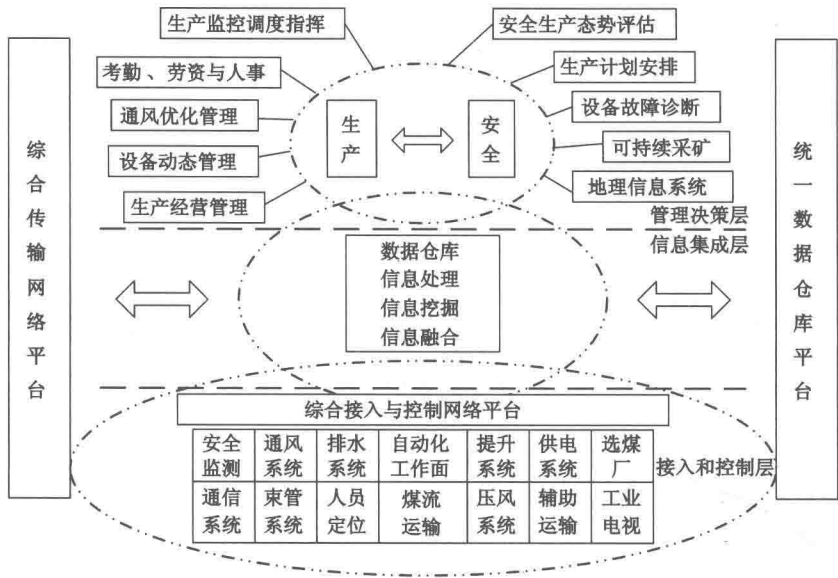


图 1-1 数字矿山总体架构

步发展的网络体系结构,探讨其功能模型、网络拓扑、传输标准(模式)和优化方法以及设计实现等关键技术。

1.1.2 下一代网络

下一代网络(Next Generation Network,简称 NGN)或下一代通信网,是目前通信领域研究和应用的重要热点之一。“下一代”的提法最早出现于 1997 年美国提出的下一代互联网(NGI)行动计划中,其目的是研究下一代先进的组网技术。随着电信市场在世界范围内的开放竞争,互联网的广泛使用导致数据业务急剧增长,用户对多媒体业务产生了强烈需求,对移动性的需求也与日俱增。电信业面临着强烈的市场与技术冲击。于是 NGN 的提法出现了,并成为大家讨论最多的一个话题。2004 年,ITU-T SG13 的工作取得一系列进展,给出了 NGN 的定义,完成了 15 个 NGN 标准草案。2007 年,全球 NGN 高峰论坛以“融合、创新”为主题,将 NGN 的研究和应用进一步推向深入。

与传统的网络不同,NGN 以在统一的网络架构上解决各种综合业务的灵活提供能力为出发点,提供诸如业务逻辑、业务接入和传送手段、业务资源提供能力和业务认证管理等服务。因此在 NGN 中,以执行各种业务逻辑的软交换(Softswitch)设备为核心进行网络的构架建设。业务逻辑可在应用服务器上统一完成,并可向用户提供开放的业务应用编程接口(API);业务层面和业务控制层面从传统的网络中分离出来,各自成为重要的一部分,以后运营商的竞争将集中在业务层面。而对于媒体流的传送和接入层面,NGN 将通过各种接入手段将接入的业务流集中到统一的分组网络平台上传输。因此,分组化的、开放的、分层的网络架构体系是下一代网络的显著特征,体现了 NGN 网络融合的思想。业界基本上以业务层、控制层、传输层和接入层四层来划分 NGN,各层之间通过标准的开放接口互连,如图 1-2 所示。

对照图 1-1 和图 1-2 不难发现,两者在很大程度上存在着对应关系。数字矿山综合接

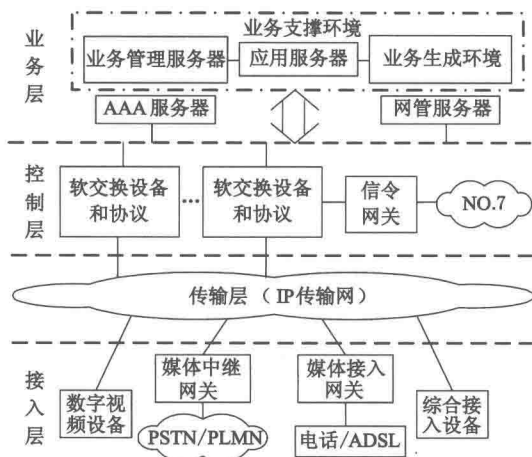


图 1-2 NGN 垂直分层体系结构

人和控制网络平台对应于 NGN 的接入层,综合传输网络平台对应于 NGN 的传输层,统一数据仓库平台对应于 NGN 业务层的各种应用服务器,NGN 控制层则负责两大基础平台之间的信息传递与分配。在网络接入层提供各种数据采集(监测监控)、通信、现场总线和控制驱动等设备的接口,连接各种应用系统的前端;在网络业务层之上,则是通过业务层提供的标准接口生成的各种指挥、调度、监控、管理和决策等应用系统。

因此,从通信学科的角度看,对数字矿山的研究体现在对适应矿山环境和需求的 NGN,即矿区下一代网络(Mine Next Generation Network,简称 MNGN)的研究上。本书的工作正是围绕这一目标而展开:在研究 MNGN 体系结构的基础上,重点解决 MNGN 传输层的几个关键技术,包括网络主干的环形互连拓扑结构、跨环数据传输通用帧格式、基于环标识的跨环自动拓扑发现及传输方法、分级 QoS 的公平算法、仿真平台的建立和仿真结果分析等。

1.2 矿区下一代网络

在讨论 NGN 的研究和实施问题时,韦乐平指出:一方面,NGN 不是现有电信网和 IP 网的简单延伸和叠加,也不是单项节点技术和网络技术,而是整个网络框架的变革,是一种整体解决方案;另一方面,NGN 的出现与发展不是革命,而是演进,即在继承现有网络和业务的基础上实现平滑过渡。同理,建设 MNGN 并非是要否定煤矿矿区过去所有的通信网,重新另建一套。对过去所有通信网的全部否定不仅存在着技术和投资方面的问题,而且从生产和生活实际需要来看也是不合理的。

真正有生命力的新技术由市场催生。正是数据和各种新业务的爆发动摇了电信业的百年根基,促使 NGN 产生并迅速发展起来。但是 NGN 是一个规模宏大的系统工程。合理的 NGN 方案是根据 NGN 的核心思想,分析矿区通信网的需求和发展规模,研究制定 MNGN 的整体框架和体系结构,有步骤地解决关键技术问题,不断推动 MNGN 的建设和演进。

1.2.1 煤矿矿区及其通信网络

目前,煤炭企业以矿业集团(矿务局)为主体,下属矿与局(集团)之间往往相距较远,形成一个地域上覆盖数十乃至百余平方千米的煤矿矿区。随着生产、经济和技术的发展,不少矿业集团开始推行异地办矿项目。国家发展和改革委员会等部门联合下发了《加快煤炭行业结构调整、应对产能过剩的指导意见》,明确提出“十一五”煤炭行业结构调整的主要目标之一就是基本形成以大型煤炭企业集团为主体、中小煤矿协调发展的格局,加快建设5~7个亿吨级的大型煤炭企业集团,基本完成对小煤矿的整合、改造和重组。因此,矿业集团的规模将不断扩大,下属各矿与集团机关在地域上将进一步分离。但由于集约化生产和市场化运作的需要,矿业集团内各矿之间的联系渐趋紧密,与集团外部的交往也越来越多,对通信网和综合通信的需求不断增长,整个矿区通信网的升级改造迫在眉睫。

煤矿矿区通常地处偏僻的乡村和山区,公共通信基础设施较差,矿区通信网一般都是由矿业集团自己投资建设,为企业的生产、经营和职工生活服务,是企业内部的专网。该企业专网往往要纵横跨越多个县市,无论是其规模还是内部联系的紧密程度,都不亚于一个中等以上城市的城域网。矿区通信网由封闭型逐渐向开放型发展,而一个开放型系统应该是能够自调整和自我适应的系统,MNGN的建立必须要充分认识到这种体系结构上的变化,通过研究其信息本质,实现矿区多种业务信息的综合传输,既要满足内部生产、经营的需要,也要满足对外联系的需要。

我国煤矿以井工开采为主,本书的讨论也主要针对这类煤矿。井工开采的煤矿生产围绕矿井开展,为了保障生产的安全,煤矿井上、井下必须建立实时、高效、可靠的通信系统。因此,矿区通信网一般分为地面通信网和井下通信网两个部分。

在矿区通信网的地面部分,网络主要为企业的经营、管理、办公和职工生活服务,目前一般包括电话网络、有线电视网络和计算机网络。这些网络在结构和设备方面没有太多的特殊性,可以利用通信和网络技术的成熟设备和最新成果。

而矿区通信网的煤矿井下部分,无论是就网络工作的环境、行业对设备安全的特殊要求,还是就通信传输的介质和信息内容而言,均具有其明显的特点。

目前,矿区通信网存在的主要问题如下所述。

(1) 缺少全网一体的统一规划。一直以来,煤矿井上、下的网络是相对独立的。

(2) 网络融合和演进的方向、路线需要尽快确立。例如,“三网合一”是相互并吞还是相互促进逐步融合成MNGN;MNGN应该遵循什么样的体系结构;既然MNGN的实现是个演进的过程,那么应该首先由何处入手。这些问题都需要尽快解决。

(3) 综合传输问题是现行网络的最主要瓶颈。它突出表现在煤矿井下各种语音、视频和监测监控系统自成体系,单独敷设通信线缆建立传输通道的情况普遍存在,尽管目前有工业以太网和无源光网络等方案,但是系统的实时性、可靠性和利用率等问题依然存在;煤矿井上的电话网络、计算机网络等也仍然是各自独立构成系统,在传输制式上互不兼容。

(4) 需要一种经济且可靠的传输制式。目前使用最多的SDH和高速以太网各有优缺点,因此需要既能与两者兼容又能克服两者缺点的传输制式,在现有基础上平滑升级演进。

(5) 需要统一的传输分组格式和标准化的数据接口。网络传输分组化是必然趋势,目前基本统一的认同是IP化。矿区通信网络除了计算机网络以外,其他网络都有待进行IP

化改造。工业以太网的应用为监测监控系统数据的 IP 化提供了条件,但要与目前系统兼容,必须尽快制定数据接口标准,以便设计各类网关。

1.2.2 矿区下一代网络基本功能和主要特点

MNGN 是 NGN 在煤矿矿区的延伸和发展,是覆盖整个矿区、遵循 NGN 理念的通信网,是数字矿山的信息基础设施,也是煤矿安全和生产的各种应用子系统的支撑平台。NGN 的发展、演进是一个长期的系统工程,仅靠电信一家的努力是不够的,需要各行各业各种子网的共同建设和推动。MNGN 不能照搬电信 NGN,因为 MNGN 是煤矿企业内部专网,与电信的业务需求不同,协助保证煤矿安全生产、为各种监测监控系统提供可靠的通信平台是其最根本的任务。

MNGN 的基本功能就是要满足数字矿山对信息的各种需求,包括信息的采集、转换、传输、存储、处理和利用这一完整的过程。在网络底层(接入层),如煤矿生产现场,为产生各种信息的设备提供一系列标准接口,如产生数据的传感器和监测监控设备、产生语音的电话机、产生视频图像的摄像机等,然后将采集到的信息转换成统一的数据包格式送入网络综合传输层。传输层根据控制层(软交换设备和协议)选定的路由和 QoS 等级将数据包送到目的地,再由相应的接口设备还原这些信息。它能够方便、海量地储存这些信息,同时为它们的处理和利用提供方便的数据接口以及业务生成、维护和管理环境(详见 2.1.1 节)。基于 NGN 思想构建的 MNGN 从体系结构上将是开放的分布式架构;从业务上存在可持续发展能力;从网络上能够从核心到边缘,从有线到无线,从业务网到传送网覆盖矿区通信;从应用环境上则能够支持多厂家环境,便于实现互操作性,解决目前普遍存在于煤矿的“信息孤岛”问题。

MNGN 的主要特点是在煤矿矿区通信网中具体体现了 NGN 的技术思想并能适应煤矿矿区和井下环境的问题,概括起来,大致有以下几点。

(1) 从发展模式看,以往矿区通信网的建设和发展是按各种应用业务(如电话、电视、各种监测监控)的需要分别投资、不断叠加的,往往导致重复和浪费。MNGN 首先从总体架构上设计网络,充分考虑各种应用系统的发展和资源共享,具备良好的开放性和可升级性。在确定总体发展目标的基础上,对原有系统采取兼容、融合和演进的策略,既保护了已有投资,又保证了系统的平滑升级过渡。

(2) 从网络性质看,MNGN 是煤矿的企业内部专网,为煤矿的安全生产和经营管理提供支持与保障是其首要任务。煤矿矿区大多地处偏僻,公共通信网通常不能很好地覆盖这些区域,服务于职工生活、学习和娱乐等各种功能也成为 MNGN 中必不可少的一部分。因此,MNGN 是一种多功能、多业务的复杂网络,系统的可靠性和性价比要求都很高。

(3) 从网络规模看,MNGN 与一般城域网相当,对大容量传输和交换没有太高的要求,现有技术已完全能够满足。但在业务层面和接入层面,MNGN 有其特殊性。煤矿井下的监测监控系统种类繁多、接口各异,即使是同一种监控系统,不同厂家的产品接口也不相同,给接入技术带来很大难度,其标准化的研究工作十分艰巨。这些监测监控系统分属于不同的科室和监控部门,井下数据要及时反映给这些科室和监控部门,同时这些科室和监控部门要能够可靠地下传命令,此外还有调度系统和服务于职工生活的各方面,因此在业务层面是非常复杂的。

(4) 从应用环境看,煤矿井下通信网是 MNGN 的重要部分,井下环境对各种网络设备存在防水、防尘、防爆和低功耗等方面的特殊要求,地面成熟设备不能直接用于井下。考虑到以后对煤矿无人开采的支持,井下设备还应具备自诊断、自维护和自我管理的能力,其可靠性要求极高。

(5) 从技术特征看,MNGN 采用按功能分层的体系架构,其控制层相对独立,各组成部分在网络结构上可以是分布的,在物理位置上也可以是分散的,软交换控制设备、各种网关以及各种应用服务器可以部署于不同的煤矿,降低了网络建设的难度;MNGN 的标准应用接口能够快速生成各种业务,并兼容多个厂家的业务环境,降低了网络运营的长期投入成本;MNGN 在传输层采用分组技术,各种接入能够共享同一张网络进行信息的交互,并根据矿区中各种信息的重要程度提供分级的 QoS 保证等。

1.2.3 本书主要研究内容和创新点

MNGN 的研究内容涉及网络的各个层面;在业务层,关键是要研究适合煤矿生产和生活需求的业务生成、维护和管理环境;在控制层,分布式控制体系架构,特别是煤矿井下自组织和自恢复的分布式控制结构是研究的重点,研究以软交换为核心的 MNGN 的发展和演进模式也非常重要;在传输层,要实现各种业务信息的综合传输,需要研究网络的拓扑结构、分组格式等;在接入层,近期需要研究适应目前各种通信系统的网关,研究制定合理的接口标准,研制综合接入网关等。

本书仅就 MNGN 体系结构和传输层的关键技术展开,为 MNGN 的进一步研究和应用奠定基础。通过对矿区通信网目前的状况进行分析(具体见 1.3.2 节),确定本书的主要研究内容和创新点如下。

(1) 研究 MNGN 的体系结构和框架模型,包括垂直方向按功能分层的网络结构、基于软交换的 MNGN 网络演进与融合结构,以及其传输层平台(MNGN-TLP, MNGN Transmission Layer Platform)的拓扑结构和传输制式,建立起 MNGN 的总体框架,为矿区网络的一体化设计和融合、演进指明方向。这是本书的主要创新点之一。

(2) 分析选择可靠性高的环形传输网络,并根据煤矿矿区特点采用多环相切互连方式构建矿区通信网的总体拓扑结构。比较 SDH 和工业以太网环网在传输效率、可靠性等方面的利弊,合理选用兼有两者优点的 RPR 技术思想,改进其跨环传输性能,作为网络的统一传输制式,以兼顾 MNGN-TLP 的效率、可靠性和成本。

(3) 在上述基础上,重点解决多环互连网络中基于环标识的自动拓扑发现与跨环传输问题,设计了兼容 RPR 标准帧的 MNGN-TLP 通用帧格式,给出了优化网络性能的节点模型。该帧结构利于多环互连网络中跨环帧的快速转发,并给出相应算法,申请的发明专利已受理。这是本书的第二个创新点。

(4) 通过分析矿区通信流量的特征,确定了 MNGN-TLP 中带宽占用状况的分级标准,提出了分级 QoS 的带宽公平分配算法,经仿真证明其性能优于 RIAS 公平算法。这是本书的第三个创新点。

(5) 利用 NS2 网络仿真软件,设计 MNGN-TLP 标准节点和交叉连接节点,建立 MNGN-TLP 的仿真实验平台,对跨环传输实时性和分级 QoS 公平算法进行了分析验证,获得了初步满意的结果。

1.3 矿区下一代网络技术相关研究和发展现状

1.3.1 通信网之演进和 NGN

自 1876 年贝尔发明电话以来,通信网始终以电路交换为主导技术。传统的通信方式也是将话音、数据、视频和图像等信号分开传输,在相当长的时间内自成体系,相互独立地发展。因此出现了目前所见的各种网络,包括电信网络(主要的业务是电话,但也有其他如传真、数据等业务)、有线电视网络(即单向电视节目的传送网络)和计算机网络。

电信网络已经历过多次演变。首先是等级的简化,例如过去我国的电信网分为五级,由一、二、三、四级长途交换中心和五级交换中心及端局组成。随着大容量交换机的出现,特别是以光纤为代表的大容量传输系统的出现使得在主要交换节点之间配置直达传输线路在成本上已不成问题,因此多级的汇接方式演进成少级的扁平结构,网络层次大大简化。其次,信令从随路到共路的发展标志着连接的控制与业务层业务传送的分离,智能网的应用更使得业务与承载分离。传输网上光纤及时分数字传输链路技术的采用,特别是 20 世纪 80 年代末期同步数字体系 SDH 的提出,彻底改变了传送网的拓扑结构。环状网和网状网的大量投入使用,同一路由上 1+1 或 1:n 的保护方式逐渐被 SDH 自愈环和基于 DXC 的恢复网代替。

自 20 世纪 60 年代以来,计算机通信网络中出现了各种不同的体系。美国加州大学和夏威夷大学分别诞生了基于有线的 New Hall Ring 和基于无线的 ALOHA 网络技术及其相关的 MAC 层协议。以太网的核心思想“使用共享的通信传输信道”即来自 ALOHA 网络,由美国施乐公司于 70 年代末 80 年代初建立,随后便是 CSMA/CD 机制的提出。Token Ring(IEEE 802.5)和 FDDI、DQDB(IEEE 802.6)和 ATM 机制则出现在 20 世纪 80 年代末 90 年代初,802.11 家族无线局域网(WLAN)也在几年后问世。

20 世纪 90 年代中期以来,随着 www 业务的问世,IP 业务量每 6~12 个月翻一番。到了 2002 年,电信业出现了其诞生 100 多年来的历史转折点:数据业务跃升为主业,传统电信业务成为了副业。在此背景下,各国大力投资扩建 IP 网络,增加其带宽,有效地提高了 Internet 的传送质量,反过来又促进了 Internet 业务的发展和用户数的持续增长。Internet 的高速发展和成功应用,不仅使数据通信业务量超过了电话业务量,而且已经进入包括声音和图像在内的多媒体通信领域,打破了传统的电信网和计算机网壁垒分明的界限。在同一网络平台上传输各种业务以减少网络建设和运营费用的呼声愈来愈高,以包交换技术构建未来网络,以数据承载话音方式取代话音承载数据方式已成为业界共识。于是下一代网络(NGN)应运而生。

近年来,NGN 已成为全球通信产业发展的焦点,它关系到未来整个通信信息网的构架。作为全球最大的通信市场,中国 NGN 的发展将对世界通信业产生深远影响。国内的众多厂商已推出以软交换作为控制核心的 NGN 技术解决方案,不仅在国内取得应用,并且已经打入国际市场。2004 年 11 月,中兴通讯承建的肇庆电信网改网优项目就是中国首个 PSTN 向 NGN 优化演进的商用网,被业界称为“肇庆模式”,成为传统 PSTN 网络、网络优化和新业务成功融合的范本。同年 12 月,中兴通讯又与跨国电信运营商巴基斯坦

DANCOM公司签署了巴基斯坦全国 NGN 覆盖合同,可提供集话音、数据、视频通信于一体的综合业务,网络建成后包括巴基斯坦首都伊斯兰堡、经济中心卡拉奇、文化中心拉合尔等在内的该国各大城市都将实现由传统交换技术向 NGN 时代的转变。

世界各国的制造商以及运营商在推进 NGN 产业化应用方面进展都比较快。英国 BT 21st 世纪网络认为 NGN 应易于创新和产生新业务,易于购买和使用新业务,便于提供新业务,同时有效降低成本;日本 NTT DoCoMo 对 NGN 提出了宽带化、交互式、无处不在、使用安全、可靠和简单的要求,具体的网络业务集中在交互式的端到端业务、视频业务、VPN 和由其最先提出的信息家电控制业务;韩国电信希望 NGN 提供一个宽带和移动性都比较好的家庭网络,同时能够保证服务质量和安全性,向 IPv6 演进实现数据与话音的融合,固定与移动的融合,广播与电信的融合;贝尔加拿大宣布将在三年内投资 1.5 亿美元,合作部署加拿大最先进的基于 IP 的下一代网络。

NGN 的定义是 2004 年 2 月在 ITU-T SG13 会议上经过激烈的辩论给出的:NGN 是一个分组网络,它提供包括电信业务在内的多种业务,能利用多种带宽和具有 QoS 能力的传送技术,实现业务功能与底层传送技术的分离;它提供用户对不同业务提供商网络的自由接入,并支持通用移动性,实现用户对业务使用的一致性和统一性。

从定义看 NGN 只推出了目标要求,并没有限定采用何种技术实现。针对 NGN 的研究基本围绕 NGN 控制层核心技术展开,并且与网络融合与演进的应用需求密切相关。为解决电信业 100 多年来营建的庞大的固定电话网如何向 NGN 过渡的问题,以软交换为控制层核心的 NGN 体系结构首先被提了出来,国际上各大组织都积极参与:Softswitch 国际论坛、ITU-T、IETF 和 ETSI 等。各主流设备厂商也纷纷推出自己的 NGN 解决方案,如朗讯的 7RE、西门子的 Surpass、阿尔卡特的 2IP、华为的 iNET 等。中国电信从 2001 年开始着手固网转型工程,联合华为和中兴研发了固网智能化系统,解决了传统固网业务开展慢而困难的难题,实现了软交换的统一控制,并与固网智能化改造结合,历时 5 年建成一个 200 台软交换,260 台智能用户数据库和 865 台路由器构成的新一代固网架构,规模世界第一,实现了固网向 NGN 的平滑演进。

随着应用需求由最初提出软交换时的 VoIP 话音业务向交互式多媒体融合业务以及固定/移动网络融合(FMC)等更高的需求转移。软交换已无法满足这种新的市场需求,IMS (IP Multimedia Subsystem, IP 多媒体子系统)在这种融合趋势中发展了起来。至 2006 年年底,明确提出要进行 IMS 试验和小范围部署的运营商有英国电信、法国电信、英国 MMO2、芬兰 Saunalahti、美国 Sprint 等。爱立信、诺基亚、西门子、北电网络、中兴、华为、NEC、索尼爱立信等设备制造商也在不断推出 IMS 解决方案。总体来说,目前全球 NGN 发展的现状是:软交换技术和标准已比较完善,各大运营商的 NGN 部署仍以软交换为主;IMS 的标准化工作正在紧张地进行,设备也越来越成熟,部分运营商已制定了 IMS 发展计划,但目前仍处于小范围试验阶段。

软交换与 IMS,从标准化角度来说,一种侧重设备,一种侧重逻辑结构;从控制层来说,一个主从控制与接入相关,一种分散控制与接入无关。软交换与 IMS 都是遵循 NGN 的基本思路和网络架构,均为分层的结构,采用承载与控制分离的思想,属于向 NGN 演进的不同阶段。在引进 IMS 之前,软交换和 PSTN 网络仍将是主要的核心控制网络和业务提供网络,可利用软交换宽带域能力来满足市场急需的多媒体宽带业务。IMS 网络引入后,固网

软交换 SIP 用户和业务可以逐步向 IMS 网络迁移,长远看,IMS 将逐步融合软交换网络,最终形成统一的会话型核心控制网络。

本书的研究重点是在 MNGN 的传输层,因此讨论中对控制层的描述,仍选择目前技术成熟的软交换结构。

1.3.2 矿区通信网发展现状

1.3.2.1 矿区地面通信网

矿区地面通信网目前仍然分为三个部分:电话网、有线电视网和计算机网。目前电话网均已数字化,主要采用 SDH(仍有一些为 PDH)传送网和数字程控交换结合的方式,通过传统的 TDM(时分复用技术)进行组网,提供办公、生活和生产调度电话的联网服务以及各种数据业务;有线电视系统由于数字电视广播尚未推广,目前仍然以模拟传输为主,只能独立组网,提供家庭电视服务;计算机网是目前最有活力的部分,无论是实现的功能还是组网的技术,都不断有新的进展。从功能上,计算机网正在覆盖煤矿企业包括行政办公、综合管理(成本管理、安全信息管理、物资供应管理、设备管理等)、财务、销售、采购、人事等各种部门终端的联网通信,全面提供数据业务,并对整个煤炭生产的实时情况进行调度、监视和查询。从组网技术上,虽然还存在着少量的电话拨号网络,但是各大矿业集团几乎都采用 GbE(千兆以太网)构建集团内部各矿之间的计算机网络,山东兖州矿业集团则率先运用了 RPR (Resilient Packet Ring,弹性分组环)技术,如图 1-3 所示。其中,使用 1 台 NE80、3 台 NE40、1 台 S8512、15 台 S6506 组建核心骨干层构建兖州矿业集团数据网。华为第五代路由器满足以业务为主的数据网,充分满足兖矿生产自动化、企业 ERQ、企业 OA、CRM、医疗保险和普通 Internet 业务等需求,构建可管理、可增值和可运营的数据城域网络。

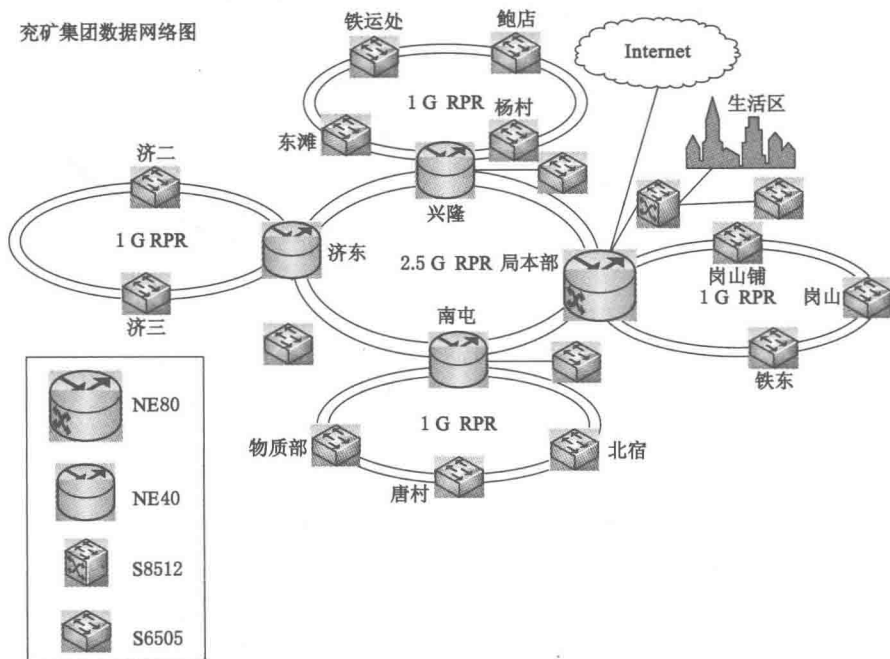


图 1-3 兖州矿业集团数据网络拓扑

通过上面的分析可以发现,煤矿地面通信网仍未实现综合传输。不仅是电视部分受数字化的限制,而且电话和计算机网部分也还是各自分别组网。尽管“三网合一”讨论了多年,但仍然停留在理想之中。应该说,在传统的电话网和 TDM 传送网基础上实现电话和数据综合传输技术十分成熟,且在矿区通信中也有普遍应用。这些应用一般是通过电话 MODEM 或各种 IP over TDM 的接口转换装置实现的。MODEM 带宽太窄;小型接口转换装置价格适中,使用灵活方便,但一般只有 1~4 个 2 Mbps 的传输通道,带宽仍然较窄;采用大型的转换设备,如通过 IP over SDH 提供 GbE 接口,首先要建立 2.5 Gbps 的 SDH 传送网,然后再添加接口转换设备,节点设备与线路光纤的投入相比价格太高。因此大多数矿业集团选择了采用 GbE 设备+专用光纤单独组网的方案。在 GbE 的基础上要想通过 TDMoE 技术实现电话与数据转换传输,不仅 TDMoE 设备很昂贵,而且其 QoS 无法得到可靠保证。且传统的 SDH 网已经存在,运行也十分可靠,不必废置。因此即使是采用了能够保证综合传输质量的 RPR 技术,兖州矿业集团仍然将电话网与计算机网分开建设。

1.3.2.2 矿井通信网

矿井通信网主要完成信息的接入是矿区通信网中极其重要的一部分,本应仅涉及传输层和接入层。但由于煤矿井下工作环境特殊,通信网需要传输的信息关系到煤矿企业的安全生产,要求实时、可靠,不得出现故障和中断。因此,矿井通信系统在接收地面宏观管理的同时,也要具备相当的自治能力,即在地面网络出现故障无法正常管理时,仍然能够维持井下正常的通信,尽力保证矿井生产的安全进行。

随着煤炭产量的增加,煤矿事故频发,生产的安全保证问题愈来愈受到重视,资金和设备的投入也逐年增多。于是,建设数字矿山、全矿井综合自动化系统和井下综合信息传输平台的呼声也越来越高。许多煤矿开始积极建设煤矿生产综合自动化系统,实现全矿井的数据采集、生产调度、经营管理、决策指挥的信息化、科学化,确保煤矿安全生产、集约高效,提升企业的生产力水平。

煤矿井下通信的信息源主要包括传统的话音信号、各种监测监控系统的数据信号和工业监视的视频信号。

(1) 矿井话音通信系统

煤矿井下的话音通信系统主要有调度通信系统、架线载波移动通信系统、感应移动通信系统、泄漏电缆移动通信系统、“小灵通”移动通信系统、工作面扩音电话通信系统、救灾救护通信系统等。由于煤矿井下的环境对无线通信极为不利,因此需要使用很多无线中继电路辅助实现地面与井下的通信,使用范围受到限制。利用漏泄通信系统可以有效延长无线通信的距离,尤其是在巷道弯曲的情况下,但沿电缆仍需增加许多的信号放大和中继电路,因而存在着可靠性、成本和维护等方面的问题。近年国外研究和应用 TTE(Through-The-Earth)系统情况如下:加拿大的 Flex alert 系统和澳大利亚的 PED 系统均为单向传输,仅仅能够从地面向井下工作人员发送各种通知信息,两者均通过地面发射天线与井下矿工安全帽中内置的接收模块来实现通信;美国的 TeleMag 系统可实现无线双向通信,能够支持话音和数据通信,因而既可用于对矿工的人员定位,也可用于对环境的监测监控。而对以太网局域网、Wi-Fi 通信系统、Medium Frequencies 通信系统、澳大利亚的 LAMPS 通信系统以及无线星形网络的讨论仍在继续。

(2) 矿井监测监控系统

矿井监测监控系统是指利用通信和计算机自动控制等技术,对煤矿的瓦斯、风速、一氧化碳、烟雾、温度等环境参数和矿井生产、运输、提升、排水等环节的机电设备工作状态进行监测,取得数据、分析处理并实现控制的一类系统。我国煤矿现已采用的井下监测监控系统的种类很多,常见的有通风、安全、环境和皮带监控等系统,其监控终端一般都在井上,而且大多集中在调度室。

我国煤矿应用监测监控技术起始于 20 世纪 80 年代初,当时从波兰、法国、德国、英国和美国等国引进了一批安全监控系统(如 DAN6400、TF200、MINOS 和 Senturion-200),装备了部分煤矿。在引进的同时,我国通过消化、吸收并结合我国煤矿的实际情况,我国先后研制出 KJ2、KJ4、KJ8、KJ10、KJ13、KJ19、KJ38、KJ66、KJ75、KJ80、KJ92 等监控系统,并已在我国煤矿大量使用。实践表明,安全监控系统为煤矿安全生产和管理起到了十分重要的作用。

但现有的各类煤矿监测监控系统大多仍为封闭系统,且其网络结构和通信模式往往各不相同,分别采用专用传输线缆连接终端,导致通信设备和线路的重复投资。传输线缆的多种多样使得井下电源线和通信电缆杂乱,系统的维护工作量大而复杂,整体的可靠性差。特别是煤矿监测监控系统的通信接口尚没有行业标准,各厂家都是自行制定传输协议和接口标准,各分(子)系统之间不能互通和兼容。从数字矿山的角度来看,各类监测监控系统各自为政,生产和管理的自动化与信息化水平难以提高,信息资源难以共享,监测系统、控制系统和管理系统无法实现联动,将阻碍矿山综合自动化、数字化和信息化的进程。

(3) 矿井视频监控技术

视频监控技术目前仍然停留在监视阶段,所谓控制也只是通过调度人员以电话指挥井下现场工作人员的方式实现。随着数字视频的增多和图像处理技术的应用,实时的视频监控时代正在到来。目前视频监控信号的传输以单根光纤传输单路模拟视频的方式为主,在地面近距离也有直接用同轴电缆进行传输的视频监控。具有标准以太网接口(ANSI/TIA/EIA-568A,简称 T568A 和 ANSI/TIA/EIA-568B,简称 T568B)的数字压缩摄像机已有应用,有与百兆或千兆以太网结合、被大规模采用的趋势。

综上所述,目前我国的矿井通信基本上还是各部分子系统独立运行,各自独立的架构。尽管一些矿务局已开展监测监控系统的全局(集团)联网工作,但各大煤矿仍然不可避免地受到“信息化孤岛”的困扰,整个矿井通信网络建设和维护的工作量都非常大。要实现各子系统都支持统一接口,与企业综合信息管理系统连接,实现所有通信信息的完全共享以及调度、指挥、控制的一体化,就对下一代矿区通信网的设计提出了全新的要求,要求能够在全矿井统一的通信平台上实现数据、语音和视频等业务的综合传输。

1.3.3 数字矿山的综合传输网络平台

数字矿山早期的研究偏重于数据的融合和利用,没有重视数据的采集和传输。综合自动化和通信工程方向的专家介绍,提出了数字矿山应该建筑在两大基本系统之上的概念,即“计算机网络系统”和“数据库管理系统”。随着研究的逐步深入,基本系统演变成基础平台,即“统一传输网络平台”和“统一数据仓库及软件平台”。本书从通信信息传输的角度出发,将“统一传输网络平台”改称为“综合传输网络平台”,以便更准确地描述其技术实质。第 1.1.2 节的分析已经指出,数字矿山的综合传输网络平台与 MNGN 的传输层网络平台即