

无线通信前沿技术丛书

李少谦 周亮 主编

该书由国家“新一代宽带移动通网”重大专项课题 (No. 20112X03004003,  
No. 20142X03004003) 资助



“十二五”  
国家重点  
出版规划丛书

# 宽带无线

## 多媒体集群通信

● 李少谦 陈智 陈劼 谭学治 龚达宁 钱志红 © 著

Broadband Wireless Multimedia  
Trunking Communication



国防工业出版社

National Defense Industry Press

无线通信前沿技术丛书/李少谦 周亮 主编

该书由国家“新一代宽带移动通网”重大专项课题(NO. 20112X03004003, NO. 20142X03004003)资助

# 宽带无线多媒体集群通信

李少谦 陈 智 陈 劼 著  
谭学治 龚达宁 钱志红



国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书主要介绍了宽带无线多媒体集群通信系统的关键技术与应用。本书共6章,主要包括集群通信的历史与研究现状、窄带集群通信协议、宽带无线多媒体通信系统中的主要通信技术、宽带无线多媒体集群通信系统架构、国内外宽带无线多媒体集群通信的标准化工作与演进路线,以及宽带无线多媒体集群系统的行业应用情况等。本书立足当前宽带无线多媒体集群通信的研究现状和发展趋势,同时兼顾了宽带无线多媒体集群通信的原理和关键技术,从系统架构、标准化工作、行业应用情况等几个方面,对宽带无线多媒体集群通信关键技术及应用进行了全面介绍和探讨。

本书可作为通信工程、信息工程、电子工程、系统工程和其他相近专业的高年级本科生和研究生教材,也可供相关专业的教师和科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

宽带无线多媒体集群通信 / 李少谦, 陈智, 陈劭著.

—北京: 国防工业出版社, 2015. 8

(无线通信前沿技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 118 - 10279 - 6

I. ①宽… II. ①李… ②陈… ③陈… III. ①宽带  
通信系统—无线电通信—多媒体通信 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 202005 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)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 13 字数 315 千字

2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 76.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行传真: (010) 88540755

发行邮购: (010) 88540776

发行业务: (010) 88540717

# 序 言

集群通信系统(简称集群系统)是公共安全、铁路、交通、大型企业等部门广泛采用,用于指挥、调度、数据传输等业务的移动通信系统,又称为集群调度系统。近年来,我国以传输语音为主体的窄带集群通信系统在公安、政务、运输、交通等各专业移动领域得到广泛的应用;窄带集群通信技术也从模拟通信发展为数字通信,有了长足的进步。

随着信息技术的快速发展,我国行业的工作方式也发生了较大变化,导致业务需求逐渐从窄带语音和数据业务,向宽带多媒体业务,如图像、视频等方向发展。行业的一些典型应用,如移动视频监控、多媒体集群指挥调度、协同作业、城市应急联动等,传统的窄带数字集群技术已远远不能满足这些需求,需要集群通信从窄带系统走向宽带无线多媒体集群系统。

在上述背景下,发展宽带无线多媒体集群通信技术与系统成为了国内外行业用户和厂商的共识,以期通过发展宽带无线多媒体集群技术,推动行业宽带无线多媒体集群的应用,促进行业信息化。我国2009年就开始了宽带无线多媒体集群系统的研究,并针对多种特殊行业的应用需求,结合我国的国情,产、学、研相结合,推动宽带无线多媒体集群通信的研究和产品开发。

本书作者所在课题组是国内较早开展宽带无线多媒体集群系统研究的课题组之一,致力于宽带无线多媒体集群系统的攻关、实现和应用推广。本书是作者近年来在宽带无线多媒体集群系统领域研究成果的提炼和整理,部分研究成果填补了该领域的空白。

本书主要对宽带无线多媒体集群通信的关键技术、系统架构、标准化工作进行了介绍,并对宽带无线多媒体集群通信的行业应用,包括公共安全、民航运输、电力、农业生产、政务管理、石油等行业进行了简要介绍,为宽带无线多媒体集群通信的实际应用提供了参考。

本书体系完整,层次清晰,图文并茂,有理论和示例,保证了全书内容的学术性、系统性和可读性,可以作为相关研究人员和感兴趣读者的参考书。相信本书的出版,将为我国宽带无线多媒体集群通信的研究以及应用起到积极的作用,并促进我国集群通信的持续高速发展。

李少谦

2015年4月

# 前 言

目前,欧美等发达国家专业机构主要应用仍是窄带数字集群通信技术,但是成熟的窄带技术所能提供的语音与短消息业务,已经不能满足人们对多媒体信息需求的快速增长,尤其是多媒体信息涵盖的信息量并不是普通的语音与短消息业务可以比拟的,多媒体通信已经成为未来集群通信不可或缺的重要组成部分。

2011年我国开始实施宽带无线多媒体集群整体规划,结合数年集群通信网络的研究积累,总结过往实践经验,观望国内外集群发展趋势与需求,以打造宽带无线多媒体集群系统、制定国际化宽带无线多媒体集群系统标准为目标,研发与应用宽带无线多媒体集群系统创新技术,最终实现一个服务于公共安全、公共事业、交通运输、商业、应急通信、急救中心、赛事活动等多领域、多业务的大带宽、高可靠性、高安全性、高传输速率的宽带无线集群网络。

目前,不仅我国的集群通信系统正在进行由窄带向宽带的演进,美国的标准演进(TIA)、欧洲的标准演进(ETSI)都在极力发展Project MESA。其中,在公共安全行业宽带移动通信的规划与应用方面,美国已经走在了世界的前列,不仅基本完成了700MHz公共安全宽带专用频谱的分配,而且还提出了诸多促进措施,并于2010年7月在旧金山开始建立宽带集群通信的专用LTE网络。我国根据国内通信现状与实际需求,研究适合我国自己发展的集群通信技术,推动相关宽带无线集群通信的标准研究,并建立了宽带无线多媒体集群通信系统。

本书是在建立宽带无线多媒体集群系统的过程中,所应用的主要技术的整理与总结,希望能为后续的集群建立研究、集群应用研究、集群标准化研究提供有利的支撑材料。

第1章主要回顾集群通信的历史,国内外的发展与研究现状,介绍了窄带向宽带的趋势变化,定义了宽带无线多媒体通信及其特征。

第2章主要介绍目前比较成熟的窄带集群通信协议,包括MPT1327、TETRA、iDEN、FHMA、GOTA、GT800、APCO Project25、DMR、PDT等协议。

第3章主要介绍在宽带无线多媒体集群通信系统中的主要通信技术,包括系统通信技术需求、语音编码技术、视频编码技术、信道编码技术、调制解调技术、天线与射频技术、宽窄结合的组网技术等。

第4章主要介绍宽带无线多媒体集群通信系统的系统架构与组成、终端、无线接入子系统、交换控制中心、调度应用中心,以及系统的功能与技术指标。

第5章主要介绍国内外宽带无线多媒体集群通信的标准化工作,以及未来标准化的演进路线。

第6章主要介绍我国宽带无线多媒体集群系统的行业应用情况,主要对公共安全、民航运输、电力、农业生产、政务管理、石油等多个行业的应用进行了简单介绍。

本书由李少谦主持编写,李少谦、陈智、谭学治、龚达宁、孟维晓、钱志红、徐贵森、蒋庆生、陈劼具体负责各个章节的内容。在本书的编写和审校过程中,符东昇、卢煜、陈妍、王瑜琦、许瑞锋、赵晓军、李瑞林、郗卫军、曾招云等参与了相关的工作。本书凝聚了成都电子科技大学、

哈尔滨工业大学、中国信息通信研究院、公安部第一研究所、北京信威通信科技股份有限公司、中国普天信息产业股份有限公司多年研究与标准化工作的成果,作者在此一并表示衷心的感谢。

限于作者的水平和能力,书中可能还存在诸多不足,恳请各位读者和专家提出宝贵的意见和建议。

作者

2015年4月

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第1章 绪论 .....                  | 1  |
| 1.1 集群通信发展历史回顾 .....          | 1  |
| 1.2 集群宽带化的发展趋势 .....          | 3  |
| 1.3 宽带无线多媒体集群通信的定义及特征 .....   | 4  |
| 参考文献 .....                    | 5  |
| 第2章 窄带集群通信系统简介 .....          | 6  |
| 2.1 MPT1327 .....             | 6  |
| 2.2 TETRA .....               | 8  |
| 2.2.1 TETRA 集群系统的网络结构 .....   | 8  |
| 2.2.2 TETRA 集群系统的信令接口 .....   | 9  |
| 2.2.3 TETRA 数字集群系统支持的业务 ..... | 10 |
| 2.3 iDEN .....                | 11 |
| 2.3.1 iDEN 集群系统的信令接口 .....    | 13 |
| 2.3.2 iDEN 集群系统支持的业务 .....    | 13 |
| 2.4 GoTa .....                | 15 |
| 2.4.1 GoTa 集群系统的网络结构 .....    | 16 |
| 2.4.2 GoTa 集群系统的信令接口 .....    | 17 |
| 2.4.3 GoTa 集群系统支持的业务 .....    | 17 |
| 2.5 GT-800 .....              | 20 |
| 2.5.1 GT-800 集群系统的网络结构 .....  | 20 |
| 2.5.2 GT-800 集群系统的接口信令 .....  | 21 |
| 2.5.3 GT-800 集群系统支持业务 .....   | 21 |
| 2.6 DMR .....                 | 22 |
| 2.6.1 DMR 集群系统空中接口 .....      | 23 |
| 2.6.2 DMR 集群系统服务 .....        | 23 |
| 2.7 PDT .....                 | 27 |
| 2.7.1 PDT 集群系统的网络结构 .....     | 27 |
| 2.7.2 PDT 集群系统主要业务 .....      | 28 |
| 2.8 其他 .....                  | 29 |
| 2.8.1 FHMA .....              | 29 |
| 2.8.2 APCO Project25 .....    | 30 |
| 参考文献 .....                    | 30 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第3章 宽带无线多媒体集群通信技术</b> | 31  |
| 3.1 宽带无线多媒体集群通信的技术需求     | 31  |
| 3.2 语音编解码技术              | 32  |
| 3.2.1 语音编解码概述            | 32  |
| 3.2.2 AMR 语音编码原理         | 34  |
| 3.2.3 AMR 语音解码原理         | 39  |
| 3.2.4 AMR 语音编解码设计        | 39  |
| 3.2.5 AMR 语音编解码演示系统实现    | 42  |
| 3.3 视频编解码技术              | 46  |
| 3.3.1 视频编解码概述            | 46  |
| 3.3.2 H.264 视频编码原理       | 47  |
| 3.3.3 H.264 视频编码系统设计     | 50  |
| 3.3.4 H.264 视频编码演示系统实现   | 55  |
| 3.4 信道编码技术               | 58  |
| 3.4.1 信道编码概述             | 58  |
| 3.4.2 线性分组码              | 58  |
| 3.4.3 卷积码                | 63  |
| 3.4.4 卷积码的解码             | 67  |
| 3.4.5 Turbo 码            | 74  |
| 3.5 调制解调技术               | 76  |
| 3.5.1 QPSK 调制与解调         | 76  |
| 3.5.2 QAM 调制与解调          | 78  |
| 3.5.3 OFDM 技术            | 80  |
| 3.6 多天线技术                | 82  |
| 3.6.1 多用户 MIMO 用户选择算法    | 82  |
| 3.6.2 算法仿真               | 88  |
| 3.7 组网技术                 | 94  |
| 3.7.1 基于机会通信的网络路由协议      | 95  |
| 3.7.2 广域环境下基于网络编码的路由算法   | 100 |
| 3.7.3 算法仿真               | 109 |
| <b>参考文献</b>              | 130 |
| <b>第4章 宽带无线多媒体集群通信系统</b> | 132 |
| 4.1 系统架构与组成              | 132 |
| 4.2 终端                   | 133 |
| 4.3 无线接入子系统              | 134 |
| 4.4 交换控制中心               | 134 |
| 4.5 调度应用中心               | 135 |
| 4.6 专网集群系统技术参数对比         | 136 |
| 4.7 支持的业务功能对比            | 137 |
| 4.8 技术发展优势对比             | 139 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 参考文献 .....                         | 139 |
| 第5章 宽带无线多媒体集群通信标准化 .....           | 141 |
| 5.1 我国宽带无线多媒体集群通信标准化进展 .....       | 141 |
| 5.1.1 CCSA 对宽带无线多媒体集群通信标准化工作 ..... | 141 |
| 5.1.2 PPDR 对宽带无线多媒体集群通信标准化工作 ..... | 143 |
| 5.2 国外宽带无线专网的标准化工作 .....           | 145 |
| 5.3 未来标准化演进路线 .....                | 145 |
| 第6章 宽带多媒体(集群)的行业应用 .....           | 147 |
| 6.1 行业应用概述 .....                   | 147 |
| 6.2 公共安全行业 .....                   | 148 |
| 6.2.1 公安行业需求及特点 .....              | 148 |
| 6.2.2 公安行业应用现状 .....               | 150 |
| 6.2.3 公安行业宽带应用解决方案 .....           | 151 |
| 6.2.4 典型部门应用示例 .....               | 158 |
| 6.3 民航运输行业 .....                   | 164 |
| 6.3.1 民航运输行业现状及需求特点 .....          | 164 |
| 6.3.2 解决方案 .....                   | 165 |
| 6.3.3 典型应用案例 .....                 | 167 |
| 6.4 电力行业 .....                     | 168 |
| 6.4.1 电力行业需求及特点 .....              | 168 |
| 6.4.2 电力行业应用现状 .....               | 169 |
| 6.4.3 解决方案 .....                   | 170 |
| 6.4.4 电力行业典型应用案例 .....             | 177 |
| 6.5 农业生产行业 .....                   | 177 |
| 6.5.1 农业行业背景应用 .....               | 177 |
| 6.5.2 解决方案 .....                   | 178 |
| 6.5.3 典型应用案例 .....                 | 185 |
| 6.6 政务管理行业 .....                   | 186 |
| 6.6.1 政务行业需求及特点 .....              | 186 |
| 6.6.2 政务行业应用现状 .....               | 186 |
| 6.6.3 解决方案 .....                   | 187 |
| 6.7 石油行业 .....                     | 188 |
| 6.7.1 石油行业应用现状、需求及特点 .....         | 188 |
| 6.7.2 解决方案 .....                   | 189 |
| 6.7.3 应用案例 .....                   | 197 |

# 第 1 章 绪 论

总结近几年我国承办国际大型集会、应对自然灾害和处置突发事件时积累的经验,国家公共安全以及抗灾救援等政府部门都大量使用无线专网,依靠行业无线专网维护公共秩序、处置突发情况、保障灾后救援,专网快速便捷的指挥调度功能提高了国家对于公共安全、紧急事件、大型集会以及恐怖袭击等情况的反应能力。

随着工业化与信息化融合的稳步推进,交通运输、能源、金融和物流等行业也充分认识到信息化改造对提升竞争力的重要性,对满足行业安全生产以及经营管理等需求的无线专网有迫切需求。

## 1.1 集群通信发展历史回顾

集群通信系统又称集群调度系统,简称集群系统(Trunking System),是一种新型的无线电调度系统,由简单的无线通信系统发展而来,是专用调度无线通信系统的新体制,是专用移动通信系统的高级发展阶段<sup>[1]</sup>。

近年来,我国的集群在公安、政务、运输、交通等各专业移动领域有着广泛地应用。从模拟集群到数字集群,通信技术也有了长足的进步,人们对集群的需求也从最初的窄带语音通信向宽带多媒体方向发展。

集群通信已经拥有了数年的研究历史,我国的集群通信发展起步是晚于国外集群通信的,在文献[2,3]中可以了解到我国早期使用的集群通信系统都来自国外,主要是 Motorola 公司推出的 iDEN 与 ETSI 推行的 TETRA。

1998 年 3 月,ITU 专门发布了一份题为《用于调度业务的高效频谱的数字陆上移动通信系统》(Spectrum Efficient Digital Land Mobile System for dispatch traffic)(ITU-R37/8)的文件。ITU 在该文件的附件中推荐了 7 个数字集群通信系统(体制),如表 1-1 所列,我国选用了其中的 TETRA 和 iDEN 两种体制。

表 1-1 ITU 推荐数字集群通信系统(体制)

| 数字集群体制          | 注释                                                         | 提出组织/国家  |
|-----------------|------------------------------------------------------------|----------|
| TETRA           | 陆上集群无线电(Terrestrial Trunked Radio)                         | 欧洲电信标准协会 |
| PROJECT 25      | 即 APOC-25,美国公共安全通信官员联盟第 25 项                               | 北美       |
| DIMRS           | 即 iDEN,数字综合移动无线电系统(Digital Integrated Mobile Radio System) | 北美       |
| IDRA            | 综合调度无线电系统(Integrated Dispatch Radio System)                | 日本       |
| Tetrapol System | 警用 TETRA 系统                                                | 法国       |
| EDACS           | 增强性数字接入通信系统(Enhanced Digital Access Communications System) | 瑞典       |
| FHMA            | 跳频多址系统(Frequency Hopping Multiple Access System)           | 以色列      |

### 1. 陆上集群无线电(Terrestrial Trunked Radio, TETRA)

TETRA 标准是由欧洲电信标准协会(ETSI)制定的,它的技术指标和性能能满足广大的处理应急业务、工业和商业部门的专用用户的使用要求。

### 2. APOC-25

APOC-25 标准是美国的国际公共安全官员协会(APOC)、国家电信管理者协会(NASTD)以及联邦政府用户等共同合作的一个项目,这个标准是针对公共安全领域和政府工作的广大用户的需要而制定的。

### 3. 集成分配无线电系统(Integrated Dispatch Radio System, IDRA)

IDRA 系统标准是由日本工商联合会(ARIB)制定的,这个标准所确定的技术指标完全能满足应急业务、商业和工业等领域的广大专业用户需求。

### 4. 数字综合移动无线电系统(Digital Integrated Mobile Radio System, DIMRS)

DIMRS 是北美地区用于提供综合调度业务和提高频谱效率的一种方式 and 措施, Motorola 公司的 iDEN 系统和它的前身 MIRS 系统就符合 DIMRS 体制。

### 5. TETRAPOL

TETRAPOL 的技术指标是由 TETRAPOL 论坛和 TETRAPOL 用户俱乐部提出的,它主要为公共安全部门的用户服务,也可用于其他大型专用网络。

### 6. 增强数字接入通信系统(Enhanced Digital Access Communications System, EDACS)

EDACS 系统的一些标准是由电信工业联合会(TIA)制定的,它提供的基于 EDACS 技术指标主要是为目前在全球现存大量的 EDACS 系统和设备的互通和兼容而制定的。它的技术指标能满足公共安全、工业、公用事业和商业用户的需要。EDACS 是一个能工作在 VHF、UHF、800MHz 和 900MHz 频段、频率间隔为 25kHz 或 12.5kHz 的双向集群无线电系统。

### 7. 跳频多接入系统(Frequency Hopping Multiple Access, FHMA)

FHMA 系统是由以色列的一个系统评估和认证部门制定的,研发 FHMA 的主要动机是提高频谱效率。它提高的频谱效率达到了很明显的水平。FHMA 系统主要是瞄准 PAMR 市场,但它也想进军商业用户。

国际电信联盟仅仅推荐了以上几种体制,并不是限定数字集群通信只能有这 7 个系统。

2000 年年底,中华人民共和国工业和信息化部正式批准和发布了我国《数字集群移动通信系统体制》电子行业推荐性标准,标准中规定我国的集群工作频段为 806 ~ 821MHz 和 851 ~ 866MHz,双工间隔为 45MHz,频道间隔为 25kHz,共 600 对频点。原 ETSI 规定的 TETRA 工作在 400MHz 频段,共分两段,即:380 ~ 400MHz 供政府等部门使用,410 ~ 430MHz 供警察安全等部门使用,各占有 20MHz 频段。为了进入中国的集群通信市场,国外的各大 TETRA 生产商也相应修改了 TETRA 协议;与其相比,iDEN 更幸运一些,其本身就工作在 800MHz 频段,所以不需要过多修改。

随着集群通信在各个专业领域的应用越来越多,引起频率受限,中华人民共和国工业和信息化部又开辟了专供国家专政机构——公安、检察、法院、司法、安全、军队、武警和海关等 8 个部门使用的 350MHz 频段,此频段分为两段,即一段是 351 ~ 358MHz/361 ~ 368MHz,另一段是 372 ~ 379MHz/382 ~ 389MHz,双工间隔为 10MHz,共 560 对频点。在这一频段的 TETRA 系统的设备目前只有部分 TETRA 生产商能提供,而使用部门也只有公安和武警,所以可以说目前还未得到很广泛的应用。

集群业务在国内的迅速成长,让中国市场成为集群应用重点的发展对象,国内通信公司也

奋起直追,中兴与华为两大公司相继正式宣布我国自主研发的数字集群通信系统——GoTa 和 GT800 成功完成。2004 年 11 月 2 日,中华人民共和国工业和信息化部科技司正式发布了 GoTa 和 GT800 两个系统的通信标准技术参考性文件,2005 年 5 月,中华人民共和国工业和信息化部又组织和通过了 GoTa 和 GT800 两个系统的部级技术鉴定。因此,这两个国产系统很快就正式向市场推出。目前,我国由中华人民共和国工业和信息化部批准的数字集群通信体制有 4 种,即:TETRA、iDEN、GoTa 和 GT800。表 1-2 为国内 4 种数字集群通信系统技术指标。

表 1-2 国内 4 种数字集群通信系统技术指标

| 技术指标  | TETRA    | iDEN   | GoTa     | GT800   |
|-------|----------|--------|----------|---------|
| 多址方式  | TDMA     | TDMA   | CDMA     | TDMA    |
| 单载波带宽 | 25Kb/s   | 25Kb/s | 1.25Mb/s | 200Kb/s |
| 数据速率  | 低        | 低      | 高        | 中等      |
| 接续时间  | 小于 500ms | 小于 1s  | 小于 1s    | 小于 1s   |

1.2 集群宽带化的发展趋势

自 20 世纪 90 年代以来,传统窄带数字集群技术体制,如 TETRA、Project25 等,为公共安全、交通运输、石油化工等行业提供了安全、可靠和稳定的通信保障,显著地改善了其通信能力。然而,随着社会的进步和科技的发展,各行各业的工作方式也发生了改变。其中公共安全机构作为使用专业移动通信最为典型的用户,变化最为显著,其对宽带移动通信业务的需求(如图像、视频传输等)也日益强烈。此外,在紧急情况下,移动通信系统还应该实现跨系统、跨机构、跨区域的无缝对接,即优良的互操作性,从而更好地为公共安全机构服务。

国际上面向公共安全、交通运输以及石油化工等行业的无线专网正在迅猛发展,美国、英国、德国、芬兰、比利时和瑞典等国家都建设了全国性的数字集群指挥调度专网,保障国家公共安全。其他典型行业的无线专网应用也发展起来了,例如,“数字莱茵河”内河航运信息化无线专网拥有近 100 万用户,沃尔玛以及福特等大型企业内部也有发达的信息化无线专网。美国频谱拍卖所引发的“数字红利”(指模拟电视转换成数字电视后所空出的 470~862MHz 频段)也正是其为本国无线专网事业发展所迈出的关键性一步。此外,国外主要专业通信设备研发厂商对专业宽带移动通信系统的研发也方兴未艾,Motorola、欧宇航、爱立信等公司纷纷与具有 4G 技术优势的商业网络设备厂商签署战略合作协议,旨在将 4G 技术与集群通信技术结合起来,发展专业宽带移动通信技术,大大推动专业宽带移动通信技术的进步。

宽带无线多媒体集群系统在这样的应用需求下得以发展。从 2006 年开始,宽带无线多媒体系统的研究就被列为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》中确定的 16 个重大科技专项之一的“新一代宽带无线移动通信网”课题中的主要研究方向。针对多种特殊行业的应用需求,结合我国的实际国情,产、学、研三方面相结合,推动产业化发展,形成具有我国自主知识产权的具有中速、高速和超高速三种模式融合,可控、可管的宽带无线集群(Broadband Wireless Trunking, BWT)系统。该系统对我国无线多媒体集群系统的发展具有明确、深远的指导意义。

### 1.3 宽带无线多媒体集群通信的定义及特征

在文献[4-6]中总结出,宽带无线多媒体集群通信本身就是由于数字集群系统在多个专业领域中的应用,行业用户不断激增,对业务的需求越来越多样化,传输的速率要求越来越高,传统的窄带数字集群通信系统已经不能满足现实的应用需求,进而采取宽带技术进行数字集群通信系统的研发。之所以称为宽带多媒体,一方面是体现宽带的特点,另一方面是体现多媒体业务的增长。

在文献[7]中指出,宽带数字集群通信系统在业务、功能和性能上具有以下典型特征:

#### 1. 业务特征

**语音业务:**宽带数字集群通信系统在语音业务方面要做到“一呼百应”,具有快速指挥调度能力,实现单呼、组呼、全呼、广播呼叫、紧急呼叫、优先级呼叫、调度台核查呼叫。此外,宽带数字集群通信系统还要实现公共电话交换网络(Public Switched Telephone Network, PSTN)、蜂窝移动通信网络(如 GSM、CDMA、TD-SCDMA、LTE 等),以及其他数字集群通信系统(如 TETRA、iDEN、Gota、GT800 等)的互联呼叫。

**数据业务:**宽带数字集群通信系统不仅要承载尽力而为(Best Effort)类数据业务,还要承载实时控制类数据业务,以实现数据调度功能。例如,在指挥调度过程中,用户既可以通过手持终端接收、发送和查询业务相关数据,也可以向用户批量下发文字指令,然后用户根据结果对指令进行回复和确认。由于实时控制类数据业务对时延和可靠性要求很高,因此在进行系统设计时需要提供强有力的 QoS 保证。

**视频业务:**随着宽带无线通信技术和高速数据业务的飞速发展,集群通信系统对宽带多媒体业务的需求日益增强。行业人员利用集群通信系统进行指挥调度的过程中,不仅要“听得见”,还要“看得见”,因此宽带数字集群通信系统要承载各种交互性视频业务,包括现场图像上传、视频通话、视频回传、视频监控等。因此,在进行宽带数字集群通信系统的设计时要充分考虑视频编解码、视频传输与无线资源管理之间的协调。

#### 2. 功能特征

**多业务融合:**新时期无线技术与应用互相促进,集群通信的需求从语音发展到数据,进而有“百闻不如一见”的视频要求,甚至要求实现超越标清的高清视频。因此,宽带数字集群通信系统需要提供语音调度、数据调度、视频调度等多种业务协同的融合调度功能。通过数据业务和视频业务弥补语音业务在准确性、可记录性方面的缺陷,从而实现全数字化、可视化、高度自动化、可记录及可追溯、事件驱动的指挥调度和协同作业能力。

**指挥调度:**宽带数字集群通信系统需要配有专门、统一的指挥调度中心,根据事件现场人员反馈的情况,通过有线或无线调度台实现区域呼叫、通话限时、动态重组、迟后进入、遥毙/复活、呼叫能力限制、繁忙排队、监控、环境侦听、强拆、强插、录音/录像等多种操作。此外,指挥调度中心还可以为调度台设置管理级别,实现分级调度管理。

**分层管理:**宽带数字集群通信系统应该满足指挥分级管理的要求,实现指挥调度中心的多级分层调度。上级指挥中心应该能够同步指挥其下属各级指挥中心,随时调取下级指挥中心的监控图像、语音、数据,甚至远程控制下级指挥中心的操作。通过统一管理、分级调度的方式不仅可以提高调度效率,还可以实现高效的协同工作,满足跨地域、跨部门的大规模现代指挥调度需求。

### 3. 性能特征

**快速接入能力:**宽带数字集群通信系统应该具有快速接入能力,在系统设计时,如果有必要,可以牺牲系统容量和低级别业务来确保系统的关键性能指标。宽带数字集群通信系统对呼叫建立时间有严格要求,一般要求业务终端的呼叫建立时间小于 500ms,话权抢占时间小于 200ms,以实现快速的指挥调度。

**更高的安全性和保密性:**宽带数字集群通信系统是针对行业应用而设计的专用指挥调度通信系统,对网络和信息传输的安全性、保密性要求较高,尤其是政府、公安、军队、公共安全等国家安全部门或强力机构使用的集群网络,一定要防止遭受恶意攻击以及信息被截获或篡改等。因此,宽带数字集群通信系统应能够提供包括鉴权、空口加密以及端对端加密在内的一整套完备的安全机制,来解决其所面临的诸多安全威胁。

**更高的可靠性:**宽带数字集群通信系统在网络可靠性方面有着更高的要求,要求具有强故障弱化、单站集群和抗毁能力,以提供应对各种自然灾害或突发事件的应急指挥通信能力。宽带数字集群终端还应该具有脱网直通以及构建 Mesh 网络等的能力,使得在网络无法覆盖时,能够支持群组用户的脱网直通能力。

### 参考文献

- [1] 王华奎,李艳萍,张立毅,等. 移动通信原理与技术[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] 郑祖辉. 数字集群通信在中国的回顾、现状和发展[J]. 移动通信,2008,32(3):15-19.
- [3] 孔勇. 数字集群通信网络架构和多天线技术的研究[D]. 北京:北京交通大学,2012.
- [4] 徐贵森. 浅析数字集群宽带化发展趋势[J]. 移动通信,2013,(18):25-29.
- [5] 牛金行. 数字集群通信宽带化发展现状与趋势[J]. 现代电子技术,2013,(21):42-45.
- [6] 徐贵森. 我国宽带数字集群应用需求分析[J]. 移动通信,2013,37(1):25-30.

## 第2章 窄带集群通信系统简介

集群通信系统是移动通信系统的一个重要分支,它是一种具有交换和控制双重功能的专用移动通信中的指挥、调动系统。集群通信系统动态地将信道分配给用户,使许多用户共享数个信道而互不干扰。在一些社会经济、工农业比较发达的国家,对指挥、调度功能要求较高的企业、事业、工矿、油田、农场、公安、警察以及军队等部门都十分迫切需要这种系统。以下对常用的窄带集群通信系统进行简要介绍。

### 2.1 MPT1327

MPT1327 是一个用于集群私有陆地移动无线系统的信号标准,这个协议定义了集群系统控制器与用户无线单元之间的通信规则。这个标准能被用来实现许多系统,从拥有几个信道(甚至一个信道)的小系统,到由许多 TSC 互联而形成的大型网络,协议提供广泛的用户设备与系统的选择。但是,并不需要实现协议定义的所有的可用设备,根据用户需求,适当实现协议的一部分就可以,对于有特殊需求的用户,将来也许会进一步对协议进行补充,但对于特殊功能须作附加说明。例如,设计者必须指明:系统必需的设备、系统参数值、信道分配计划、对于一个网络无线单元登记时的准则。

关于 MPT1327 的更多内容可以参考文献[1],这里只简要介绍用户功能和系统性能。

#### 1. 用户功能

##### 1) 呼叫类型

MPT1327 协议允许无线单元进行下列类型的呼叫。

(1) 话务呼叫:话务呼叫一般有优先次序。对于群呼,呼叫用户可以选择一种惯用模式,即所有的组员用户都能讲话;或者广播模式,只有呼叫方可以讲话。

(2) 数据呼叫:数据呼叫是指非规定信令的传送。运用参数可以规定用户的优先次序,对于群呼,可选择被叫组员能否应答。

(3) 紧急呼叫:运用参数可以规定是话务呼叫还是数据呼叫,对于群呼可选择被叫方能否应答。同时,一个无线单元可以要求一种预先与系统商定的特殊的紧急服务模式,TSC 通过参考呼叫方的地址来确定所需要的行为。

(4) 第三方呼叫:在一次呼叫中,两个无线用户建立呼叫后可以要求另一个用户加入呼叫。这个功能可以用来实现电话会议或呼叫转移。

(5) 状态信息:本系统可以传送 32 种不同的状态信息,其中两种的意义规定为“回呼我”和“撤销前面回呼我的命令”,剩下的 30 种信息可由用户来确定含义。

(6) 短数据信息:184bit 以下的自由格式短数据信息可以通过控制信道在无线单元与单元及 TSC 间传送。

##### 2) 发起呼叫

除了状态信息不能向用户自动小交换机(PABX)或公用电话交换网(PSTN)等目的地传

送,系统中的无线用户可以呼叫任何以下给出的用户:

- (1) 一个无线个人用户或有线个人用户;
- (2) 一组用户或系统中的全体用户;
- (3) 一个 PABX 用户,号码小于9位数字;
- (4) 一个 PSTN 用户,号码小于31位数字。

另外,状态信息和短数据信息可以由无线用户传送到 TSC。

在呼叫的建立过程中,TSC 可以给出不同的信息,由此呼叫者可了解呼叫的进行,例如:TSC 会指出任何使呼叫建立延迟或失败的原因。用户可以在呼叫过程中的任何时候取消呼叫要求。

### 3) 接收呼叫

一个无线用户可以接收来自于无线用户,或 PABX 扩展系统,或 PSTN 的有线用户的呼叫(除了状态信息)。另外,状态信息和短数据信息可以从 TSC 中接收。对于来自无线或 TSC 的呼叫,呼叫方的用户地址会被提供给被叫用户,但对于来自有线的呼叫,被叫方只知道呼叫来源,但并不能知道呼叫者号码。一个无线用户可以拒绝接收所有的人呼叫,例如表示“忙”或“失控”,或者有选择地拒绝人呼叫。

### 4) 呼叫转移

如果一个无线用户不希望接收呼叫,他可以要求把他随后的呼叫转给一个选定的备用目的地。如果该备用目的地的用户不能接收转移呼叫,无线用户也可要求更改方向给第三者。当一个无线用户呼叫一个使用呼叫转移功能的用户,他将被通知呼叫一个可选择的备用目的者,然后自动地再次发起呼叫,或者由他决定是否呼叫备用目的者。

## 2. 系统性能

### 1) 系统规模

MPT1327 协议容许的系统最终容量为:

- (1) 1036800 个不同地址的用户;
- (2) 1024 个信道数;
- (3) 32768 个基地台身份码。

### 2) 系统控制

本协议使用 FFSK 副载频调制、1200bit/s 传送速率的信令,主要设计为双频单工、双工无线用户和全双工 TSC 使用。建立呼叫信令在控制信道上传送。TSC 以专用或非专用两种形式控制信道操作,所谓专用系统,是有一个专门用于信令传输的控制信道,而对于非专用系统,如果话务信道很忙,控制信道也可临时作为话务信道使用。对于有较多信道的系统,一般使用专用控制信道,而对于只有几个信道的较小系统,用非专用控制信道是十分合适的。

广播式呼叫可用于通知无线用户有关的系统信息,例如系统用于控制信令的信道号。信令传输中可用传送以系统标识码或在某些信息中用信道号为标记的信令来避免干扰。如遇到强干扰,控制信道可转换到另外的信道上。

### 3) 呼叫处理

系统分配一个话务信道给一个无线用户之前,TSC 先检测被叫方是否在通信范围内,以避免浪费分配信道的时间,同时也检测无线单元的操作者是否准备好,避免话务信道被安排给无人单元。

MPT1327 协议可以设计使在没有话务信道可用时不能立即建立的呼叫排队,排队长度是由用户选择的。

#### 4) 多站系统

MPPT1327 信令已为各种多站全地区大域覆盖技术的使用留下了余地,例如:

- (1) 同步/异步操作;
- (2) 每站一个独立控制信道;
- (3) 时分复用的单一控制信道。

协议中有一个登录功能可提供给多站系统和多个 TSC 的网络;一个无线单元在大域中漫游时通知 TSC 它的位置,TSC 根据系统标识码分辨来自不同基站或系统的信令。标准为登录定义了信令传送程序,但登录规范依系统而定。TSC 可广播信息辅助无线单元漫游时搜索控制信道,例如宣布自己或邻近的 TSC 控制信令使用的信道。

## 2.2 TETRA

TETRA(Trans European Trunked Radio)是由欧洲电信标准委员会(ETSI)于1990年开始制定的欧洲集群无线电和移动数据系统的公开标准。TETRA 是一个标准系列,一个分支是集群语音(数据)业务的无线和网络接口标准,另一个分支是服务于固定和移动用户的广域分组数据业务的空中接口标准,它支持标准网络接入协议。TETRA 是目前国际上制定的最周密、开放性最好、技术最先进、参与生产厂商最多的数字集群标准。TETRA 最早称为移动数字集群无线电系统(Mobile Digital Trunked Radio System,MDTRS),在1992年开始基础无线电技术的研究,1994年开始结构/功能有效特性的研究,整个系统组成的全面研究于1995年早期开始,1997年开始实施380~400MHz频段的试验。TETRA 标准的制定工作从酝酿起草到全部完成,共耗时10年,其核心标准超过4000页,该标准的公开引起了世界范围的广泛重视。经过多年的发展,TETRA 已被许多国家所接受,并逐渐向世界标准迈进,在阿姆斯特丹召开了第二届 TETRA 世界大会,有550多名代表参加了这次大会,60多位来自世界各国的专家发表了演讲,18家厂商展示了其 TETRA 系统设备。TETRA 标准的开放性赢得了全球各国的广泛关注,摩托罗拉、诺基亚、马可尼、赛莫柯、大吉等公司都开发生产了 TETRA 数字集群系统,并有了成熟的产品。我国数字集群的空中接口标准也基本采用了 TETRA 技术。由于 TETRA 无线电管理机构、市场用户和制造商的支持,TETRA 已经成为数字集群专用移动通信的主流标准之一。

### 2.2.1 TETRA 集群系统的网络结构

TETRA 数字集群移动通信系统在容量上有较大的灵活性,适用于大、中、小容量系统,既面向专用调度也面向共用集群通信网的设计,调度功能较多,补充业务丰富,支持直通工作方式、空中接口加密和端对端加密功能。其构成的集群通信系统主要分为单交换中心和多交换中心两种。

#### 1. 单交换中心数字集群移动通信系统

数字集群移动通信系统由网络基础设施、移动台和有线台组成。移动台和有线台是用户使用的设备,有线台是与网络基础设施通过有线连接的设备。

移动台按业务划分有下列两种类型:

- (1) 语音终端:由移动终端单元和终端设备单元组成,提供用户终端业务和承载业务。
- (2) 数据终端:只包含移动终端单元,提供数据承载业务。

移动台按工作方式划分有以下两种形式: