

移动通信前沿技术丛书

数字集群 移动通信系统

郑祖辉 鲍智良 等编著
经 明 郑 岚



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

移动通信前沿技术丛书

数字集群移动通信系统

郑祖辉 鲍智良 经 明 郑 岚 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书在介绍了集群通信的发展由来、特点、原理和技术的基础上,从数字通信的技术出发,较系统地阐述了用于数字集群通信系统的一些数字移动通信技术。本书还对数字集群通信的应用作了描述,详细介绍了几种当前世界上比较著名的数字集群移动通信系统,包括信息产业部批准的我国“数字集群移动通信系统体制”电子行业推荐性标准的两种体制——iDEN系统和TETRA系统,以及适合铁路部门使用的GSM-R系统,供用户参考选用。

本书适合于从事集群通信的工程技术人员、管理人员及高等院校的师生阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字集群移动通信系统/郑祖辉等编著. —北京:电子工业出版社,2002.1

(移动通信前沿技术丛书)

ISBN 7-5053-6914-8

I. 数… II. 郑… III. 数字通信:移动通信—通信系统 IV. TN929.53

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第065605号

丛 书 名:移动通信前沿技术丛书

书 名:数字集群移动通信系统

编 著 者:郑祖辉 鲍智良 经 明 郑 岚 等

责任编辑:张来盛 沈艳波

排版制作:电子工业出版社计算机排版室监制

印 刷 者:北京市增富印刷有限责任公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:27.75 字数:710千字

版 次:2002年1月第1版 2002年1月第1次印刷

书 号:ISBN 7-5053-6914-8
TN·1462

印 数:5000册 定价:42.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

出版说明

移动通信是当前发展最快、应用最广和最前沿的通信领域之一,有专家预测到 2003 年全球移动用户数将达到 10 亿。移动通信的最终目标是实现任何人可以在任何地点、任何时间与其他任何人进行任何方式的通信。移动通信技术现在已经发展到了以 WCDMA 为代表的第三代,而相互兼容各种移动通信技术的第四代标准目前已经悄然来临。为了促进和推动我国移动通信产业的发展,并不断满足社会各界和广大通信技术人员系统学习和掌握移动通信前沿技术的需求,电子工业出版社特约请国内从事移动通信科研、教学、工程、管理等工作并具有丰富的理论和实践经验的专家、教授亲自编著或翻译国外金典著作组成了这套《移动通信前沿技术丛书》,于新世纪之初相继地推出。

该丛书从我国移动通信技术应用现状与发展情况出发,以系统与技术为中心,全面系统地介绍了当今移动通信领域涉及的有关关键技术与热点技术,如软件无线电原理与应用、智能天线原理与应用、蓝牙技术、移动 IP、通用无线分组业务(GPRS)、移动通信网络规划与优化、移动数据通信以及典型的第三代移动通信系统等内容。其特点是力求内容的先进性、实用性和系统性;突出理论性与工程实践性紧密结合;内容组织循序渐进、深入浅出,理论叙述概念清晰、层次清楚,经典实例源于实践。丛书旨在引导读者将移动通信的原理、技术与应用有机结合。

这套丛书的主要读者对象是广大从事通信技术工作的工程技术人员,也适合高等院校通信、计算机等学科各专业在校师生和刚走上工作岗位的毕业生阅读参考。

在编辑出版这套丛书过程中,参与编著、翻译和审定的各位专家都付出了大量心血,对此,我们表示衷心感谢。欢迎广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议,或推荐其他好的选题(Email:david.zhu@phei.com.cn),以便我们今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术图书。

电子工业出版社

2001 年 1 月

前 言

2000年12月28日,信息产业部发布了我国“数字集群移动通信系统体制”推荐性的行业标准。这一标准的发布,引起了关心我国数字集群通信发展的人们和部门的极大关注,这也预示着数字集群通信21世纪初在我国将会有有一个良好的开端。《数字集群移动通信系统》一书正是在这个大好时机下开始编写的,希望这本书对发展我国数字集群通信能起到一些增砖添瓦的作用。

我国集群通信的发展已有十余年了。模拟集群通信的发展虽然曾一度跌入低谷,但时间不太长,现在已纳入正常的发展轨道。数字集群通信进入我国是在20世纪90年代,1998年前后我国建立了第一个数字集群通信网。所以,数字集群通信对于从事集群通信系统和技术的管理人员、技术人员来说是不陌生的。现在信息产业部有关司局都对我国数字集群通信的发展十分重视,并创造了十分有利的条件。我国有关的领导部门还组织成立了“中国数字集群通信系统总体组”,由一些单位的专家和技术人员组成,专门从事数字集群通信系统的总体设计、研究和开发工作,并拟在此基础上制定具有我国自主知识产权的数字集群移动通信系统国家标准。

为了帮助读者系统地了解数字集群通信的一些技术和系统,本书从集群通信的基本概念出发,先介绍集群通信的特点、原理和技术,再介绍数字集群通信系统中应用的数字通信技术,逐步过渡数字集群通信系统。本书的重点是数字集群通信系统及其应用,书中用较大的篇幅介绍了我国“数字集群移动通信系统体制”推荐性行业标准的两种体制——iDEN数字集群通信系统和TETRA数字集群通信系统。最后,对GSM-R铁路指挥调度系统进行了介绍。本书在编写过程中,从我的老师蒋同泽和郭梯云的著作中吸取了不少精华,并参考了其他著作和资料,在此向有关作者表示感谢。

本书共分为9章。第1~6章由郑祖辉和郑岚编写;第7章由经明、郭伟林编写;第8章除了8.12节由吴森编写、8.13节由甘钧编写外,均由鲍智良编写;第9章由SIEMENS公司编写。全书由郑祖辉负责审阅和统稿。在本书的编写过程中,还得到了郑岩、金昭的大力协助和电子工业出版社的大力支持,在此我代表编写组向他们致以诚挚的感谢。

由于时间仓促和水平所限,书中难免会出现遗漏甚至错误之处,敬请读者批评指正。

郑祖辉

2001年6月于北京

目 录

第 1 章 移动通信系统概述	(1)
1.1 移动通信发展史	(1)
1.2 移动通信的特点	(3)
1.3 移动通信的工作方式	(5)
1.3.1 单向单工方式	(5)
1.3.2 双向同频(单频)单工方式	(5)
1.3.3 双向异频(双频)单工方式	(6)
1.3.4 双向异频(双频)半双工方式	(6)
1.3.5 双向异频(双频)双工方式	(6)
1.4 移动通信的分类	(7)
1.4.1 公用移动通信系统	(8)
1.4.2 专用移动通信系统	(22)
1.4.3 特种移动通信系统	(26)
1.5 无线电频谱管理与使用	(28)
1.5.1 无线电频谱管理	(28)
1.5.2 频谱工程技术	(30)
1.5.3 无线电频段划分及命名	(31)
1.5.4 移动通信的频谱管理和使用	(31)
第 2 章 集群通信系统	(35)
2.1 集群通信的发展	(35)
2.1.1 从专用通信到集群通信	(35)
2.1.2 什么是集群通信系统	(36)
2.1.3 模拟集群通信	(38)
2.1.4 数字集群通信	(38)
2.2 集群通信的特点	(39)
2.3 信道的按需分配和信道的动态分配	(40)
2.4 集群方式	(42)
2.4.1 消息集群	(42)
2.4.2 传输集群	(43)
2.4.3 准传输集群	(44)
2.5 集群通信系统的分类和比较	(45)
2.6 集群通信系统的组网	(47)
2.6.1 集中式控制方式的单区单基站系统	(47)
2.6.2 集中式控制方式的单区多基站系统	(48)
2.6.3 集中式控制方式的多中心多区系统	(48)
2.6.4 多层次、多控制中心的多区系统	(50)
2.6.5 分散式控制方式的单区单基站系统	(51)

2.6.6 分散式控制方式的多区系统	(52)
2.7 集群通信系统的功能	(52)
2.7.1 使用功能	(52)
2.7.2 系统入网功能	(52)
2.7.3 系统维护管理功能	(55)
2.8 集群移动通信系统与其他移动通信系统的比较	(55)
2.8.1 集群移动通信系统与常规移动通信系统的比较	(55)
2.8.2 集群移动通信系统与自动拨号无线电电话系统的比较	(59)
2.8.3 集群移动通信系统与蜂窝移动通信系统的比较	(60)
2.9 集群通信的发展趋势	(62)
第3章 集群通信技术	(64)
3.1 多址方式	(64)
3.1.1 频分多址(FDMA)	(64)
3.1.2 时分多址(TDMA)	(65)
3.1.3 码分多址(CDMA)	(67)
3.1.4 混合多址	(71)
3.1.5 空分多址(SDMA)	(72)
3.1.6 随机多址	(72)
3.2 信道控制技术	(74)
3.2.1 多信道共用的概念	(74)
3.2.2 多信道共用的特点	(75)
3.3 信道指配模式	(83)
3.3.1 信道指配原则和信道指配模式	(83)
3.3.2 无三阶互调指配	(85)
3.3.3 等间隔信道指配	(87)
3.4 信道控制方式	(90)
3.4.1 移动通信系统的信道控制方式	(90)
3.4.2 集群通信系统的信道控制方式	(92)
3.4.3 集中式控制专用信令信道方式	(94)
3.4.4 分散式控制随路信令信道方式	(95)
3.4.5 两种控制方式的比较	(97)
3.5 信令技术	(99)
3.5.1 信令的地位和作用 [JY.](99)	
3.5.2 信令的分类	(100)
3.5.3 模拟信令	(100)
3.5.4 数字信令	(103)
3.5.5 信令在集群通信系统中的特殊地位	(105)
3.5.6 集群通信系统的信令技术	(105)
3.5.7 专用数字信令	(105)
3.5.8 MPT-1327 数字信令	(106)
3.5.9 LTR 低速数字信令	(110)
3.6 通信保密技术	(111)
3.6.1 概述	(111)

3.6.2 通信保密的基本原理·····	(114)
3.6.3 语音保密技术·····	(114)
第4章 数字集群通信中的数字通信技术 ·····	(128)
4.1 概论 ·····	(128)
4.2 语音编码技术 ·····	(128)
4.2.1 语音编码的基本概念·····	(129)
4.2.2 语音编码技术的现状和发展·····	(130)
4.2.3 采样和量化·····	(135)
4.2.4 增量调制(ΔM) ·····	(136)
4.2.5 线性预测编码(LPC) ·····	(139)
4.2.6 规则脉冲激励长时预测(RPE-LTP)编码 ·····	(145)
4.2.7 码本激励线性预测(CELP)编码 ·····	(148)
4.2.8 低时延码本激励线性预测(LD-CELP)编码 ·····	(149)
4.2.9 矢量量化语音编码·····	(150)
4.2.10 矢量和激励线性预测(VSELP)编码 ·····	(151)
4.3 信道编码技术 ·····	(152)
4.3.1 为什么要用信道编码·····	(152)
4.3.2 分组码和卷积码·····	(153)
4.3.3 线性分组码·····	(154)
4.3.4 交织编码·····	(157)
4.3.5 卷积码·····	(158)
4.4 调制技术 ·····	(159)
4.4.1 模拟信号调制·····	(160)
4.4.2 数字信号调制·····	(161)
4.5 数字频率调制 ·····	(161)
4.5.1 移频键控(FSK)调制 ·····	(161)
4.5.2 最小移频键控(MSK)调制 ·····	(162)
4.5.3 高斯最小移频键控(GMSK)调制 ·····	(163)
4.6 数字相位调制 ·····	(165)
4.6.1 绝对移相键控(BPSK)和相对移相键控(DPSK)调制 ·····	(165)
4.6.2 QPSK、OQPSK、 $\pi/4$ -QPSK 和 $\pi/4$ -DQPSK 调制·····	(167)
4.7 平滑调频(TFM)和通用平滑调频(GTFM) ·····	(171)
4.7.1 平滑调频(TFM) ·····	(171)
4.7.2 通用平滑调频(GTFM) ·····	(172)
4.8 正交振幅调制(QAM) ·····	(174)
4.9 分集方式 ·····	(176)
4.9.1 空间分集·····	(176)
4.9.2 频率分集·····	(178)
4.9.3 时间分集·····	(178)
4.9.4 隐分集·····	(178)
4.9.5 分集合并技术·····	(180)
第5章 集群通信的应用和集群通信网的举例 ·····	(181)
5.1 集群通信的共网与专网 ·····	(181)

5.1.1 概述	(181)
5.1.2 集群通信专网	(182)
5.1.3 集群通信共网	(182)
5.2 我国集群通信网的应用举例	(183)
5.2.1 模拟集群通信网——黄河下游堤岸查险、报险用集群通信网	(183)
5.2.2 数字集群通信网——福建省的 iDEN 数字集群通信网	(189)
5.3 北京市拟建数字集群通信共网	(193)
5.3.1 北京市的模拟集群指挥调度通信网	(193)
5.3.2 建一个综合性的、统一的指挥调度通信网的必要性	(194)
5.3.3 数字集群通信是新一代集群通信领域研究和发展的方向	(194)
5.3.4 建网基本原则和建设目标	(195)
5.3.5 建网规模的确定因素	(195)
5.3.6 系统和设备选型	(196)
第 6 章 数字集群通信系统概述	(197)
6.1 影响集群通信正常发展的主要因素	(197)
6.2 我国发展集群通信面临的问题	(197)
6.3 数字集群通信标准	(198)
6.3.1 模拟集群通信标准	(198)
6.3.2 数字集群移动通信系统体制电子行业推荐性标准	(199)
6.3.3 数字集群通信标准是推动我国集群通信产业发展的加速器	(203)
6.4 我国数字集群通信的发展	(206)
6.5 数字集群通信系统的体制	(207)
6.5.1 TETRA	(208)
6.5.2 iDEN	(210)
6.5.3 FHMA	(211)
6.5.4 系统简要比较	(211)
第 7 章 iDEN 数字集群通信系统	(213)
7.1 引言	(213)
7.1.1 iDEN 系统概述	(213)
7.1.2 考虑 iDEN 的原因	(213)
7.1.3 iDEN 功能小结	(214)
7.2 技术优势	(215)
7.2.1 物理无线电信道与频段	(215)
7.2.2 矢量和激励线性预测(VSELP)的语音编码	(215)
7.2.3 无线电信道调用方法	(215)
7.2.4 高级调制技术	(216)
7.2.5 高级 iDEN	(217)
7.3 系统组成	(218)
7.3.1 增强性基站收发信机系统(EBTS)	(219)
7.3.2 基站控制器—高级呼叫处理器(BSC-ECP)	(221)
7.3.3 基站控制器—高级语音转码器(BSC-EXCDR)	(221)
7.3.4 Metro 分组数据交换(MPS)	(221)
7.3.5 调度应用程序处理器(DAP)或 NDAP 群	(221)

7.3.6	MSC 的原籍位置寄存器(HLR)	(222)
7.3.7	MSC 的访问位置寄存器(VLR)	(222)
7.3.8	互通功能(IWF)	(222)
7.3.9	移动交换中心(MSC)	(223)
7.3.10	运行维护中心—无线电(OMC-R)	(223)
7.3.11	短信息服务—服务中心(SMS-SC)	(226)
7.3.12	建立综合定时系统	(226)
7.3.13	移动台(MS)	(226)
7.4	网络路由、接口与通信协议	(227)
7.4.1	网络信道	(227)
7.4.2	接口通信协议	(227)
7.4.3	信令方案映射	(228)
7.4.4	调度应用程序处理器的连接	(228)
7.4.5	iDEN 移动台遥控编程	(229)
7.5	信道类型	(231)
7.5.1	信道类型概述	(231)
7.5.2	控制信道	(233)
7.5.3	话务信道(TCH)	(234)
7.5.4	未指定的信道(UCH)	(234)
7.6	调度呼叫运行	(234)
7.6.1	概述	(234)
7.6.2	调度呼叫的操作步骤	(238)
7.6.3	扩容	(239)
7.6.4	调度呼叫类型	(239)
7.6.5	减容呼叫模式	(241)
7.7	电话互联运行与定制呼叫功能	(242)
7.7.1	互联步骤	(242)
7.7.2	移动台至公共电话交换网的电话呼叫	(243)
7.7.3	公共电话交换网至移动台的电话呼叫	(243)
7.7.4	移动台至移动台的呼叫	(243)
7.7.5	定制呼叫功能	(244)
7.8	移交	(251)
7.8.1	地区标识	(251)
7.8.2	移交测量——模拟蜂窝通信系统	(252)
7.8.3	移交测量——iDEN 数字集群通信系统	(252)
7.8.4	移交操作——由固定网络设备或移动台发起	(252)
7.8.5	用户机辅助移交——采用标准系统默认值	(252)
7.8.6	其他移交考虑事项	(253)
7.8.7	高站/低站	(253)
7.8.8	覆盖	(253)
7.8.9	频率复用	(254)
7.9	iDEN 系统的组网	(254)
7.9.1	调度	(254)

7.9.2 电话互联移动管理	(256)
7.10 数据——电路与分组	(259)
7.10.1 电路数据的应用	(259)
7.10.2 数据通过量与通信协议	(260)
7.10.3 iDEN 电路数据用户机的硬件要求	(260)
7.10.4 iDEN 系统的电路数据移动台的软件要求	(260)
7.10.5 iDEN 系统的载波的硬件与软件要求	(260)
7.10.6 分组数据	(261)
7.10.7 iDEN 空中接口	(261)
7.10.8 分组数据系统概述	(262)
7.10.9 分组数据结构概述	(263)
7.10.10 移动主机	(264)
7.11 短信息服务——服务中心操作	(266)
7.12 iDEN 虚拟专用网平台	(267)
7.12.1 概述	(267)
7.12.2 实际应用	(267)
7.12.3 VPN 的实现原理	(267)
7.13 安全	(270)
7.13.1 鉴权验证	(270)
7.13.2 鉴权验证与识别码管理计划	(270)
7.14 进行规划时的考虑事项	(271)
7.14.1 无线电频率的特性	(271)
7.14.2 交换规模	(272)
7.14.3 通信量计算	(272)
7.15 Harmony 系统	(273)
7.15.1 系统控制器	(273)
7.15.2 调度处理机	(273)
7.15.3 其他 Harmony MSO 组成部分	(273)
7.16 iDEN 系统的手机	(274)
7.16.1 概况	(274)
7.16.2 i600 型手机	(274)
7.16.3 i1000 型手机	(275)
7.16.4 i2000 型手机	(277)
7.16.5 i85s 型手机	(279)
第 8 章 TETRA 数字集群通信系统	(282)
8.1 引言	(282)
8.1.1 TETRA 标准	(282)
8.1.2 关于 ETSI	(283)
8.2 TETRA 标准	(283)
8.2.1 TETRA 的标准接口	(284)
8.2.2 TETRA 接口	(285)
8.3 TETRA 系统介绍	(286)
8.3.1 OSI 参考模型	(286)

8.3.2	TETRA 的空中接口协议栈	(288)
8.3.3	TETRA 业务	(289)
8.4	无线电空中接口	(291)
8.4.1	TETRA 需要的无线电频谱	(291)
8.4.2	TDMA 时分多址复用	(293)
8.4.3	物理信道	(293)
8.4.4	猝发(Burst)结构	(297)
8.5	TETRA 控制信道	(304)
8.5.1	逻辑信道	(304)
8.5.2	TETRA 控制信道	(305)
8.5.3	信道控制模式	(306)
8.6	TETRA 的移动业务	(309)
8.6.1	开启电源的过程	(310)
8.6.2	C1 的计算	(311)
8.6.3	空闲模式	(312)
8.6.4	无线电通信的改善	(312)
8.6.5	无线电通信的中断	(313)
8.6.6	重新选择小区的过程	(313)
8.7	直通模式(DMO)	(315)
8.7.1	概述	(315)
8.7.2	直通模式使用的猝发结构	(315)
8.7.3	直通模式的单呼和组(群)呼	(317)
8.7.4	直通模式支持的数据业务	(319)
8.7.5	常用的几种直通模式	(319)
8.7.6	直通模式的适用场合	(321)
8.8	TETRA 的网络结构	(322)
8.8.1	网络结构	(322)
8.8.2	交换和管理基础设施(SwMI)	(322)
8.8.3	TETRA 用户终端	(323)
8.8.4	TETRA 集群通信网络的结构	(325)
8.8.5	TETRA 网络的区域划分	(326)
8.8.6	移动台	(326)
8.8.7	基站	(327)
8.9	TETRA 网络安全	(328)
8.9.1	TETRA 系统的安全性	(328)
8.9.2	加密原理	(329)
8.9.3	TETRA 系统的鉴权	(331)
8.9.4	TETRA 空中接口加密	(332)
8.10	TETRA 网络管理	(336)
8.10.1	TETRA 的网络管理结构和参与管理的人员	(336)
8.10.2	网络管理内容	(337)
8.10.3	网络管理标准化的方向	(340)
8.11	TETRA 系统技术	(341)

8.11.1	TETRA 的话音编码和信道编码	(341)
8.11.2	TETRA 的调制方式	(346)
8.11.3	接收机类型	(346)
8.11.4	覆盖性能	(348)
8.11.5	TETRA 的发展	(352)
8.12	ACCESSNET [®] -T 数字集群通信系统	(352)
8.12.1	概况	(352)
8.12.2	ACCESSNET [®] -T 系统特征和功能	(354)
8.12.3	ACCESSNET [®] -T 优点	(355)
8.12.4	ACCESSNET [®] -T 业务	(355)
8.12.5	ACCESSNET [®] -T 操作方式	(358)
8.12.6	网络服务	(359)
8.12.7	ACCESSNET [®] -T 的安全保密	(359)
8.12.8	系统与其他网络的连接	(360)
8.12.9	系统结构	(361)
8.12.10	ACCESSNET [®] -T 系统的设备	(361)
8.12.11	应用	(369)
8.13	Dimetra 数字集群通信系统(版本号:1.0)	(370)
8.13.1	简介	(370)
8.13.2	Dimetra 的系统结构	(371)
8.13.3	Dimetra 的系统配置	(371)
8.13.4	Dimetra 的系统可靠性	(377)
8.13.5	Dimetra 的系统功能	(380)
8.13.6	Dimetra 的 VPN	(384)
第 9 章	GSM-R 铁路指挥调度系统	(386)
9.1	引言	(386)
9.1.1	GSM-R 的发展历史	(386)
9.1.2	GSM-R 的实施情况	(387)
9.2	当前的铁路通信系统	(389)
9.3	铁路对通信系统的需求	(389)
9.3.1	GSM-R——UIC 选定、验证并加以规范的系统	(389)
9.3.2	铁路对通信系统的需求概述	(390)
9.3.3	由 EIRENE 定义的 GSM-R 的应用	(390)
9.3.4	与国家或运营商有关的业务	(393)
9.3.5	列车上的非 GSM-R 应用	(395)
9.4	GSM-R——面向未来的铁路通信系统	(395)
9.4.1	GSM-R 网和它的结构	(395)
9.4.2	GSM-R 质量要求(QoS)	(398)
9.4.3	GSM-R 网络规划要求	(399)
9.5	特性和应用	(400)
9.5.1	标准 GSM 的特性	(400)
9.5.2	GSM-R 增加的特性和应用	(400)
9.6	GSM-R 的演进	(408)

9.6.1 智能网(IN)与 GSM-R	(408)
9.6.2 GSM 数据业务的演进	(408)
9.6.3 GSM-R 数据业务为铁路可能提供的服务	(409)
9.6.4 铁路与 GPRS	(410)
9.7 结论	(411)
附录 A 建立综合定时系统	(413)
附录 B 调度呼叫情况及功能详解	(415)
附录 C iDEN 电路数据移动台的软件要求	(420)
附录 D 已公开的 TETRA 接口标准名称和提要	(421)
参考文献	(427)

第 1 章 移动通信系统概述

1.1 移动通信发展史

顾名思义,移动通信是在运动中的通信。凡是通信的双方或至少一方处在运动状态下的通信,均可称为移动通信。因为至少有一方处于运动之中,所以他们只能使用无线电进行通信,这样的通信系统称为移动通信系统。移动通信也是一种处于移动环境下的无线电电信。

从移动通信的定义来看,移动通信系统似乎很简单,但要实现起来并非易事,尤其是要实现得好更是难事。实际上,人们早就需要在运动中进行通信。最早的陆上移动通信是在 20 世纪 20 年代初美国的底特律警察局首先将无线电台装在汽车上实施的,可以说他们是移动通信的创始者。那时要把工作在短波 2 MHz 频段的又重又大的无线电台装在汽车上,还得加上一条长天线,其困难程度就可想而知了。另外,那时的电台耗电量大,供电也有移动难度,所以最初的车辆通信确实相当困难。好在当时装在车上的设备实际上只是接收机,是单向通信,毕竟当时距无线电发明才 26 年。到了 1930 年,车上才开始装有发射机,才真正有双向的移动通信。移动通信真正获得比较迅速的发展还是近二三十年的事。这是因为移动通信(特别是中、远距离的通信)使用有线电通信设备是不可能的,只能使用无线电通信设备。而像上面所讲的早期移动通信的电台,体积庞大、笨重,操作又比较复杂,特别是需要庞大的电源和天线,无法装在运动载体上,即使勉强装上,移动也十分困难,所以就谈不上运动中通信了。但是在舰船上倒是比较容易实现,因为舰船的载荷量大,并具有较强的供电能力,因而海上应用无线电通信是具备条件的。所以可以认为,真正移动通信的最早应用是在海上。以后移动通信随着无线通信技术的发展,新的无线电通信频段的开发使用和频率利用率的提高,移动用户设备的轻型化、小型化以及与地面网络接续自动化的实现而逐步得到发展。到 1946 年,实现了以基地台为中心、覆盖半径为 70~80 km 并能与市话网相连的大区制移动电话网,此时的车载电台采用更适合移动环境的调频制式来代替原来的调幅制式,频率也从几十兆赫提高到 100 多兆赫,但仍然是单工工作。后来虽从单工工作方式升到双工方式工作,工作频率也提高到特高频(400 多兆赫)频段,并向与有线网自动接转的方向发展,但容量仍受有限的频率资源所制约,一个系统的用户数量仅仅几百个,远不能适应汽车用户迅速增长的需求。

1979 年,出现了蜂窝通信系统,它采用了小区制通信,并利用频率再用(Frequency Reuse)技术,较好地解决了有限频率资源和用户增多的矛盾,使得系统用户数量获得比较明显的增加。这种模拟制的蜂窝通信系统工作在 800 MHz 频段(AMPS)和 900 MHz 频段(TACS)。但模拟制的蜂窝通信系统很快就满足不了用户急速发展的需要,容量又嫌不够了,因此发展了数字蜂窝移动通信系统(DAMPS 和 GSM)。它们的组网结构和模拟制的组网结构相同,只是采用了数字处理技术,加上数字信号的抗干扰能力强,因此频率再用的距离缩短,容量增大了好多倍。GSM 标准是 1987 年开始制订的,1991 年开始实行。从模拟制到数字制是一次重大的

技术突破,所以现在人们称模拟制蜂窝通信系统为第一代移动通信系统,而称数字制蜂窝通信系统为第二代移动通信系统。但是在移动环境中,随机的多径时延限制着数字信号的传输速率,而且到了90年代,随着信息社会的发展,对移动通信的业务要求增多了,传输速率要求大大提高,于是第三代移动通信应运而生,成为现代移动通信的热门话题,并且也将很快能实现。不仅如此,第四代移动通信也初见端倪。

移动通信发展的历史说明了移动通信是在需求的牵引或推动下不断发展的,每一代的变革又与技术上的突破密切相关。归纳起来,移动通信发展进程大致可分4个阶段。

第一阶段:20世纪20年代至50年代初,移动通信主要用于舰船和军用,采用短波频段和电子管是这一阶段的特征。这一阶段末才出现150 MHz的甚高频单工汽车公用移动电话系统(MTS),它采用的是人工切换频率和人工交换制,接续慢,操作不便。

第二阶段:50~60年代,采用150 MHz甚高频,并开始使用特高频的450 MHz频段,设备由电子管向半导体过渡,使得后来移动台向小型化迈进了一步。此时移动通信在美国、日本都开始用于公安、消防、出租汽车及调度等方面。此阶段交换制度由人工交换发展到用户直接拨号的专用自动交换。

第三阶段:70年代。在这一阶段中,移动通信发展又有一个飞跃。主要表现在:

- (1) 人们开始使用800 MHz频段,包括对该频段的电波传播测试、研究和对设备的研制;
- (2) 集成电路应用于移动通信设备中;
- (3) 美国贝尔实验室提出了蜂窝系统的概念和理论,并于70年代末进行了AMPS (Advanced Mobile Phone System)的试验;
- (4) 移动通信设备(特别是电台和手持机)的重量、体积和功耗大大降低。

第四阶段:80年代以后。由于大规模、超大规模集成电路和微处理机、微计算机的大量应用,移动通信向着范围更加广泛、种类和形式更加多样的方向发展。系统容量扩大,业务种类增多,信息传输及时,设备在小型化、自动化、智能化、程控化和微机化上迈进了一大步,移动通信得到了前所未有的发展。

如果再要往前发展,那么移动通信和互联网的结合(M+I)将是发展的方向。

众所周知,通信在国民经济中的地位已迅速上升,它和能源、交通已成为现代社会经济的三大支柱。特别是在经济技术高度发展的现代信息社会中,时间就是效益,信息就是财富。因此要迅速、及时、可靠、准确和不间断地获取信息,就要靠通信来支持,特别是移动通信。90年代初,人们已对“无论任何人(Whoever)在任何时候(Whenever)和任何地方(Wherever)都能自由地与世界上其他任何人(Whomever)进行任何形式(Whatever)的通信”的个人通信发生了兴趣,并竞相研究,而移动通信在个人通信中占据极为重要的地位。

当前,移动通信已和光纤通信、卫星通信一起被列为现代通信领域的三大新兴通信手段。而移动通信又是通信中的佼佼者。近几年来,在全世界电信工业中,移动通信设备是增长率最快的门类之一。

我国移动通信最早是在军队中使用。军队中的步谈机(Walkie-Talkie)、背负式电台(Man-pack Radio)、便携式电台(Portable Radio)、车载式电台(Vehicle Radio)以及舰艇、飞机上的电台都属于移动通信用的设备。军队的坦克通信从建立坦克部队起就使用无线电通信,空军的飞机和海军舰艇早就使用无线电通信。民用陆上通信也是专用通信早于公用通信,如60年代起我国列车上开始有第一台机车调度无线电话。汽车调度电话则到70年代才随出租汽车的发展而出现。所以民用移动通信尽管起步于50年代中期,但真正成系列发展是属于“74系

列”和“80 系列”的产品。由于过去在相当一段时间内,我国政府对无线电通信采用了“少设严管”的方针,政策的限制使我国民用移动通信的发展受到严重阻碍。直到改革开放以后,移动通信才步入迅速发展阶段。目前,我国移动通信已从早期少量的几种单个设备产品发展到系列产品,又从系列产品发展到系统网络生产,并在国民经济各部门中获得较广泛的应用,起到了不可低估的作用。

我国移动通信的发展大体也有 3 个阶段。

(1) 20 世纪 50~60 年代,主要以短波通信为主。军队也用了一些超短波电台,但都是电子管式的。这一时期使用部门有军队航海、航空、铁路及水上作业等方面。

(2) 70~80 年代初,开始使用一些专用移动通信系统,但容量小,网络结构简单。这实际上是一个短暂的过渡时期。

(3) 80 年代以后,特别是改革开放以来,结合引进生产,我国进行了多信道移动电话系统的自行设计,加上引进的系统,使得移动通信品种增多。这些系统设备都广泛使用半导体和集成电路,同时还采用了数字频率合成、数字信令、微机控制等技术。工作频段从 100 MHz 以下上升到 150 MHz 和 450 MHz 频段,以后又发展到 800 MHz、900 MHz 甚至 2 GHz 频段。在这个阶段,众多品种的移动通信系统开始各显其能,如公众无线寻呼系统、专用无线拨号移动电话系统、蜂窝无线通信系统、集群无线指挥调度系统、无线接入系统以及移动数据通信系统,等等。网络 and 系统的发展,使得曾火爆一时的点对点对讲机逐渐淘汰,尤其是从 80 年代末期开始,美国 MOTOROLA、瑞典 ERICSSON、芬兰 NOKIA、美国 AT&T 等公司向我国展销了他们的各种移动通信产品,使国人开阔了眼界,开始认识到通信(特别是移动通信)的重要作用,其结果是移动通信市场飞速扩大。无线寻呼不仅开始全国联网,而且用户总数已上升到仅次于美国,列为世界第二。公众 900 MHz 和 1 800 MHz 蜂窝无线电话系统已发展到中、小城镇,全国的用户数也已列居世界第二,且可能很快会超过美国而跃为世界第一。集群通信系统在全国已建设了几千个网,数字集群通信已经兴起。无线电频率已成为宝贵的资源,150 MHz 和 450 MHz 频段已趋饱和,800 MHz 和 900 MHz 的频段也在竞相使用,1 800~2 000 MHz 以及更高的频段都已经使用。

1.2 移动通信的特点

1. 无线电波传播模式复杂

由于移动通信与固定通信是不同的,要正确使用它,必须了解移动通信复杂的无线电波传播模式。因为移动通信系统中的移动台是处在不同的运动中,所以移动台收到的电波随着时间和地点在不断地变化,这种复杂性是固定台站所没有的。这些复杂性表现在以下几点。

(1) 由多径效应引起的严重衰落。由于移动台处在运动中,因而移动台收到的信号场强在相位和振幅上都随时间和地点不断变化,其变化速度和运动速度有关,振幅起落最严重时可达 30 dB。多径的变化还形成附加的调幅和调相。

(2) 移动台工作时还存在着多普勒频移。其频移值 Δf 与运动速度有关,即

$$\Delta f/f = v/c$$

式中 c 为光速, v 为运载体运动速度。当 v 很小时, Δf 也很小,多普勒频移可忽略不计。但在速度很高的运载体(如超音速飞机)上则必须考虑多普勒频移,且频率越高,频移越大,如