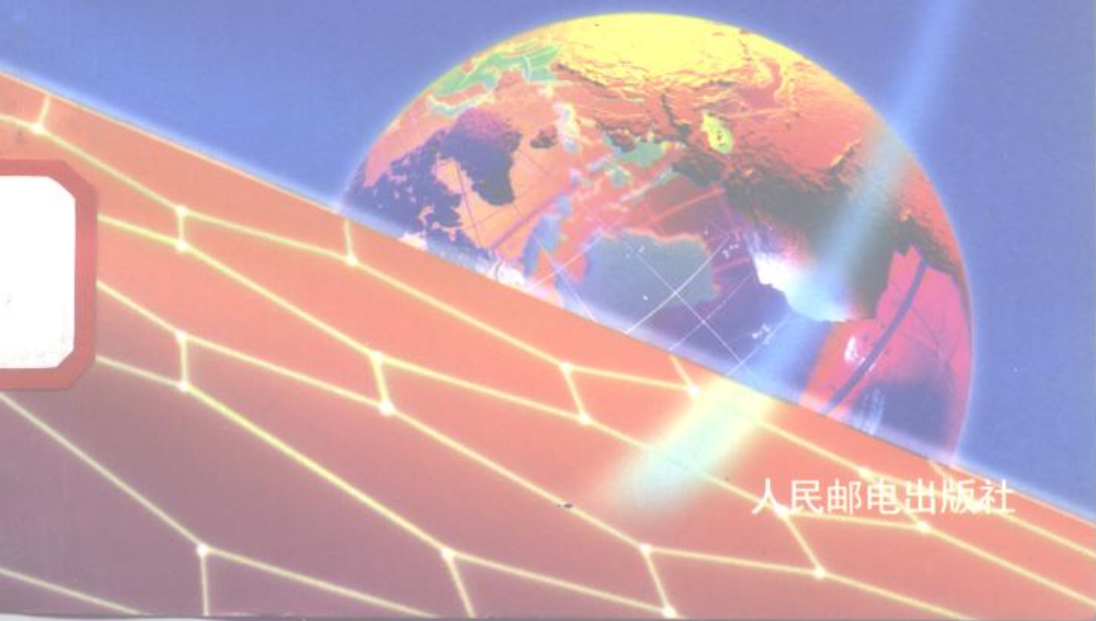


数字移动通信入门

[日] 田中良一 著
李伟屏 译



数字移动通信入门

[日] 田中良一 著
李伟屏 译

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书作为数字移动通信技术的入门书,主要介绍电波传播、调制解调、抗衰落、语音编码等基本技术,同时也涉及设计实际系统所需的有关内容。

为使读者能够充分理解本书的内容,书中尽量避免复杂的数学公式,并在叙述上尽可能通俗易懂。

本书适合于从事通信工作的工程技术人员、管理人员阅读,也是大专院校通信专业师生的专业参考书。

数字移动通信入门

[日]田中良一 著

李伟屏 译

责任编辑 郑维强

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092 1/32 1995 年 10 月 第 一 版

印张:5 1995 年 10 月北京第 1 次印刷

字数:100 千字 印数:1—4 000 册

ISBN 7-115-05796-6/TN·938

图字:01-95-290

定价:6.50 元

版 权 声 明

本书为日本社团法人电气通信协会独家授权的中文译本。本书的专有出版权属人民邮电出版社所有。在没有得到本书的原版出版者和本书出版者的书面许可之前,任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书的部分或全部,以任何形式(包括资料和出版物)进行传播。

©1993

本书原版版权属日本社团法人電気通信協会
(The Telecommunications Association)。

版权所有,侵权必究。

本书原版书名《やさしいデジタル移動通信》

作者 田中良一

中文版序言

《数字移动通信入门》一书即将在中国出版,对此我感到非常高兴。

在移动通信领域,当便携式电话在世界范围内迅速普及时,数字化技术也在同步发展。本书将尽可能通俗地从基本原理到实际应用对最新数字移动通信技术进行介绍。基础部分概要介绍电波传播、调制解调、接入、控制、交换等与移动通信相关的技术。应用举例中重点介绍在日本已经标准化和实用化的 PDC 数字便携电话系统的设计方法、结构及其特点等。同时,还将介绍简易型便携电话 (PHS) 的系统构成,并讲解作为未来发展趋势的 FPLMTS、移动 ISDN 和卫星移动通信等系统。

一般来说,数字式便携电话与模拟式便携电话相比,具有保密性强、通信质量高、便于大规模集成而成本低廉,并能与未来的数据通信业务很好兼容等优点。但另一方面,数字方式又具有电路比较复杂、占用频带宽等缺点。在设计 PDC 系统、PHS 系统的指标时,都以采用现有技术克服这些缺点作为必须条件。如果在无线传输、语音编码中采用最新技术,可以实现在任何方面都优越于模拟方式的数字移动通信系统。同时,随着逐年的改进、更新,数字方式必将发展成为担负未来移动多媒体通信任务的通信系统。

另外,如果利用 PDC 方式中电波能远距离传输、比较经济

等特点,PDC系统还可在为话务量少的地区提供电话业务中发挥更大的作用,以取代早期的固定电话业务。

本书介绍的是日本移动通信技术,如果能让中国的读者有所借鉴,我将感到无尚荣幸。

NTT 移动通信网公司 常务董事

工学博士 田中良一

1995 年 1 月

前 言

在日本,汽车无线电话及便携式无线电话用户数量已经达到了170万。可以预计,这一数字今后还将不断增加。另一方面,自实行通信终端自由化以来,无绳电话也以惊人的速度迅速普及,已经达到1000万台以上。这些现状表明:移动通信不再象人们最初认识的那样,仅用于一些特殊场合,而是和固定通信一样,已经成为社会活动及个人生活的必需品。

移动通信必须借助于电波传输信号,有效利用频率和对信息加密是移动通信中极为重要的技术课题。从有效利用频率这一角度出发,传统的移动通信系统一直采用模拟方式传送话音,这是因为,模拟方式中每一话音信道所占传输频带最窄,同时,模拟方式能使电路简单,以便实现移动台设备的小型化。

然而,随着半导体器件、大规模集成电路技术的迅速进步,低比特率话音编码这一数字信号处理技术日趋成熟。可以预料,数字方式对频率的利用率最终能够达到或超过模拟方式。同时,数字方式能够经济地使无线设备小型化,并且,容易实现通信的安全保密。

基于固定通信中数字化的进展,特别是ISDN正逐渐普及的现状,整个通信网的全数字化已成为必然的发展方向,移动通信也不例外。

全世界对移动通信的需要量与日俱增。对开发在任何地点都能使用的标准移动通信系统的要求也在提高。作为标准系统,需要具有能充分满足未来需求的容量,同时具备实现除话音业

务以外的传真、数据等各种丰富多采的非话业务的能力。为此，日本、美国和欧州几乎同时将数字方式作为标准移动通信方式进行研究开发。

日本于 1993 年 3 月开通了数字汽车无线电话及便携式无线电话业务。人们期待这一系统成为今后移动通信的骨干系统。

尽管数字移动通信已经成为当今通信领域的热门研究课题，但迄今为止，还没有一本系统介绍数字移动通信技术的专业书。在此之前，得到朋友的协助，曾由科学新闻社出版了我的《数字移动通信》一书。书中对数字移动通信技术进行了详细讲解，以期对从事系统设计的技术人员有参考价值。然而，更多的读者却希望能有更浅显易懂的书。本书作为数字移动通信技术的入门书，主要介绍电波传播、调制解调、抗衰落、语音编码等基本技术，同时也涉及设计实际系统时所需要的一些内容。

为了使对数字移动通信感兴趣的读者能充分理解本书内容，书中尽量避免复杂的数学公式，并在叙述上尽可能通俗易懂。侧重通俗易懂难免会有失严谨，希望了解更详细内容的读者请参考《数字移动通信》一书。另外，卷尾尽可能详尽地列出了参考文献，也可作为各位读者的参考。

最后，对在本书出版过程中给与帮助、指导的日本电报电话公司顾问桑原守二先生表示衷心的感谢。对在收集资料等工作中给与协助的 NTT 移动通信网股份有限公司研究开发部的同仁表示谢意。对在出版发行中给予大力支持的电气通信协会的相关各位表示深深的感谢。

NTT 移动通信网公司

工学博士 田中良一

1993 年 7 月

目 录

第一章 模拟移动通信向数字移动通信的过渡	1
1.1 移动通信的发展概况	1
1.2 数字移动通信的特征	3
第二章 电波的传播特性	6
2.1 一般特性	6
2.1.1 瞬时变动特性(快衰落)	6
2.1.2 位置变动特性(慢衰落)	8
2.1.3 距离传播特性	10
2.2 近距离传播特性	13
2.3 多径时延特性	16
第三章 数字传输	21
3.1 调制解调技术	21
3.1.1 数字调制的基础	21
3.1.2 BPSK	22
3.1.3 GMSK	23
3.1.4 QPSK	25
3.1.5 16QAM	29
3.2 接入技术(多址技术)	30
3.2.1 FDMA	30
3.2.2 TDMA	32
3.2.3 CDMA	33
3.2.4 FDD 与 TDD	36
3.3 抗衰落	37

3.3.1 衰落引起的误码率	37
3.3.2 分集接收	38
3.3.3 差错控制	41
3.4 高效语音编码	42
第四章 系统设计	46
4.1 小区设计	46
4.1.1 小区构成	46
4.1.2 载频设置	48
4.2 无线线路设计	50
4.2.1 设计方法	50
4.2.2 发送功率的计算	52
4.2.3 频率再用小区方案(频率再用单元的小区数) ...	55
4.2.4 实用的设计方法	57
4.3 无线信道结构	60
4.3.1 TDMA 时隙结构	60
4.3.2 信道种类	62
4.3.3 随机接入控制	64
4.3.4 无线区间信令方式	68
4.4 交换、控制	72
4.4.1 交换、控制的概念	72
4.4.2 越区切换和小区选择	74
4.4.3 位置登录及全体叫通	78
4.4.4 认证和加密	81
4.4.5 业务控制	82
4.5 网络结构	83
4.5.1 节点种类	83
4.5.2 局间传输线路	85

第五章 数字移动通信系统举例	87
5.1 汽车电话及便携式电话	87
5.1.1 各国的标准系统	87
5.1.2 系统构成举例	90
5.1.3 系统评价举例和发展动态	93
5.2 无绳电话	95
5.2.1 各国动向	95
5.2.2 PHP 空间接口	96
5.2.3 无绳电话的发展前景	100
第六章 未来展望.....	105
6.1 个人通信	105
6.2 FPLMTS(未来公共陆地移动通信系统).....	107
6.3 移动 ISDN	111
6.4 移动卫星通信	113
6.4.1 频带	114
6.4.2 卫星轨道	116
6.4.3 线路设计	117
6.4.4 无线通信系统	120
6.4.5 卫星移动通信的发展动向	125
参考文献.....	133

第一章 模拟移动通信向 数字移动通信的过渡

1.1 移动通信的发展概况

移动通信的历史非常久远,自从 1895 年意大利人 G. 马可尼 (G. Marconi) 发明了无线电通信以来,移动通信即首先被应用于海事活动中传递船只的遇难或者安全信息。1911 年,意大利 Titani 号客轮遇难时向大陆发出了遇难信号,即是早期利用移动通信的例子。日本的移动通信始于 1908 年。首先开通的业务是以铍子为基地台,以装备有中、短波通信设备的船舶为通信对象的无线电报。1953 年,在横滨与神户之间开通了 150MHz 港湾电话,用于陆地和港湾内船只的通信,这是日本公用移动通信业务的开端。其后,于 1964 年开通了以整个日本沿岸为服务区域,使内航小型船只也成为通信对象的内航船舶电话业务。开通初期,这种通信方式需经由交换台转接,存在诸多不便。直到 1979 年,引入了使用 250MHz 频段,能完全自动转接的自动内航船舶电话系统之后,内航船舶电话业务才真正开始普及。

如上所述,移动通信首先从海上兴起,伴随着社会经济的发展,陆地移动通信的需求也逐渐产生并不断扩大。首先被用于陆地的移动通信系统是采用长波段感应无线方式的列车公用电话系统。这套系统于 1956 年在近畿地区日本铁路的大阪至名古屋之间开通。在稍后的 1960 年,采用 400MHz 频段的列车公用电

话系统被用于东海道干线的特快列车。1965年,在新干线的列车上也开通了移动通信业务。由于社会的进步,人们希望在任何时间都能与任何地点的任何人进行通信,伴随着这一通信需求的增加,1968年出现了150MHz频段的无线寻呼业务。这种方式利用遍布各地的公用电话和小型寻呼机,使用户以很少的费用就能使用移动通信业务。作为一种廉价使用移动通信系统的方式,这种业务很快在以商务人员为主的群体中广泛普及开来。此后,使用的频段由150MHz变更为250MHz,使可容纳的用户数大大增加,这种方式一直延用至今。

在日本,真正意义上的陆地移动通信由1979年12月开通的蜂窝网汽车电话系统拉开序幕。这套系统使用了在当时还存在很多技术难点的新频段——800MHz频段,其设计特点为:服务区域由无线小区(在以后的章节称之为“小区”,将由多个小区覆盖一个服务区域的移动通信系统称之为“小区制”移动通信系统)构成,具有多信道切换功能⁽¹⁾能支持多达数百条信道的切换,成为以利用有限频段,容纳更多用户为目标的小区制移动通信系统的先驱。然而,即使这一系统也难于适应陆地移动通信发展的需求。于是,日本又积极采用分集接收、干扰检测等新技术,研制开发了具有世界最高水准的、能更有效利用频段的“大容量方式”⁽²⁾并于1986年投入运营。目前,汽车电话的服务区域几乎覆盖了全国的所有都市及主要道路。包括车载台的小型便携机的出现使得汽车及便携式无线电话用户数已经达到170万。

以上,简要回顾了日本移动通信的发展过程。这里应该特别提到的是1985年实施了新的电信事业法。在此之前,日本的国内电信由日本电报电话公司(现在的NTT)独家经营,而根据新颁布的电信事业法,其它企业也能够参与通信行业的发展,特

别是在移动通信领域,更是不断有新企业介入。1987年九州网络系统公司开通了无线寻呼业务,1988年日本移动通信系统公司开通了汽车无线电话及便携式无线电话业务,1990年关西小区制公司也开通了此项业务。更为可喜的是NTT的移动通信部门于1993年独立成立了NTT移动通信网股份有限公司,它和新介入的公司具有平等地位。由于竞争机制的引入,可以期待移动通信业务在今后有更大的发展。

1.2 数字移动通信的特征

提到数字移动通信,人们会普遍认为这是一项新技术。其实,数字技术很早以前就在海上遇难通信、无线电报等领域得到应用。目前的无线寻呼、汽车电话等系统的监控信号和信令中也采用了数字技术。在汽车电话系统中,有两个方面必须应用数字技术。一是有关线路控制,二是有关控制信号的传输。前者利用微处理器程序测试线路状态,从而增强对无线线路的监控能力。后者通过传输数字化的呼叫等各种信令来提高信令的处理速度,增加容纳用户的能力。通过进一步采用纠错编码技术及LSI技术,可提高系统的可靠性并实现设备的小型化、轻便化。

尽管可以说目前的汽车电话、便携式电话是积极采用了数字技术的最新移动通信系统,但在这些系统中声音传输仍延用了自港湾电话以来一直被采用的模拟频率调制技术,因而被称作模拟移动通信系统。长期以来,在声音传输系统中一直采用模拟技术的最大理由是:每一话路所占频带很窄,线路构成简单。即使是这样,在保密功能极为重要的警方无线通信中,从1982年起,已开始实施声音传输系统的数字化⁽³⁾,可以说这是数字移

动通信的开端。

数字移动通信的目标是：充分发挥自身特点，有效利用频带，经济地实现高质量的丰富多采的信息通信。

数字移动通信具有如下特点：

①抗噪声、抗干扰能力强。根据应用场合，可以在接收端纠正传输差错。这一特点，能有效地提高在不同地域重复使用同一频率的程度，使频率资源得到充分利用。

②可时分复用。能方便地在同一无线信道传送多路信息或对此无线信道进行监测、控制等。

③可灵活地进行信号变换、存储等。这一特点作为克服移动通信中电波传播条件恶劣的手段是有效的。

④在元器件的通用化、大规模集成化方面，数字移动通信系统明显优越于模拟移动通信系统。数字方式可以大大降低无线设备的成本和体积。

⑤容易根据用户要求，实现保密通信。这对移动通信的进一步普及及信息内容的高度化、多样化是有利的。

数字移动通信有很多优点，但为了降低成本达到普及的程度，还有若干技术课题需要解决。

首先，为了使频带利用率达到或超过模拟方式，必须研制窄带高效数字传输系统。具体地说，需要实现低比特率话音编码及实现发送效率高的窄带数字调制解调。

另外，在移动通信系统中，几乎没有两个无线台是处在视距内的，其间的信号传输是靠发送电波经过反射、折射后产生的很多电波的随机合成波进行的。为了在如此恶劣的传输环境下进行高质量的数字信号传输，就必须采用分集接收、差错控制等技术。作为上述各点的归纳，图 1.1 给出了移动通信数字化的目标与所需技术的相互关系。

数字移动通信系统是诞生不久的新通信系统,它所具有的特征与发展移动通信的关键点密切相连。因此,以日本为首的各国都将具有绝对优势的数字方式确定为下一代移动通信系统的标准方式。

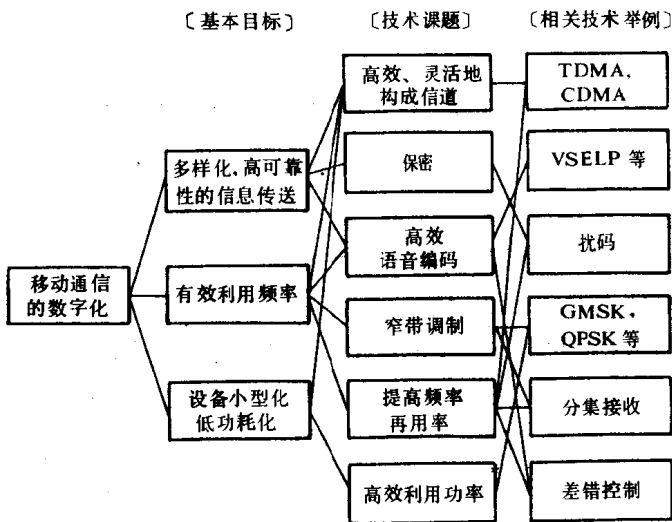


图 1.1 移动通信数字化的目标及技术课题

第二章 电波的传播特性

2.1 一般特性

在设计移动通信系统时,确定无线局发送功率、小区半径、通信质量等无线系统主要参数的基础是电波的传播特性。电波的传播特性并不因为是数字方式而与模拟方式有什么不同。然而,存在这样的情况:模拟方式下并不成其为问题的特性,在数字化时却是必须充分考虑的。本节将概要叙述陆地移动通信中电波的一般传播特性,下节则着重介绍在数字移动通信中非常重要的电波传播特性。

2.1.1 瞬时变动特性(快衰落)

图 2.1 给出的是汽车在市区作 10 米短距离行驶过程中,汽车的天线接收基站发送电波时接收电平的变动特性。可以看到,接收电平的振幅变动很大,为 20~30dB。同时,由图可以观察到,汽车每驶过一个相当于接收电波半波长的距离,就会出现一次接收电平的衰减(又叫衰落)最大,变化速率最快的周期过程,只要汽车行驶,这种剧烈的衰落就会时常存在,成为使信号传输质量恶化的重要原因。这种接收电平的急剧变动被称作瞬时变动。

图 2.2 是市区的电波传播示意图。如图 2.2 所示,由基站发