

(日) 渡边正信 著

YI DONG TONG XIN
XI TONG



移动 通信系统

中国铁道出版社

移动通信系统

(日) 渡边正信 著

马双久 戴未央 译

周贤鸿 校

中国铁道出版社

1988年·北京

内 容 简 介

本书系统而概要的介绍了移动通信系统的基本理论和技术。全书分为三大部分：第一部分介绍了移动通信系统中的各种特殊技术，其中包括电波传播和系统设计方法，以及有关移动通信的各种国际规定；第二部分讲移动无线设备及其特点；第三部分介绍了实用中的各种移动通信系统的构成及其性能。

本书可供从事移动通信工作的研究、设计以及维修、管理等人员阅读参考。

移动通信方式

(日) 渡边正信 著

科学新闻社(出版局)

1-971

移动通信系统

马双久 戴未央 译

周贤鸿 校

中国铁道出版社出版

责任编辑 李骥 封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 9.25 字数: 201 千

1983年7月第1版 1983年7月第1次印刷

印数: 0001—4,000 册 定价: 1.00 元

译 者 序

近年来，由于电子技术、半导体和集成电路的飞速发展，我国移动通信事业，例如汽车、列车、船舶和航空等陆空移动无线通信系统有了很大发展，许多地区和部门开始着手建立各种性质的移动通信网，而且随着我国四个现代化的实现必将得到更大规模的发展。但是到目前为止，系统地综合介绍这方面技术的书籍尚不多见，为了满足当前我国从事这方面工作的广大技术人员、管理和维护人员的迫切需要，我们翻译了“移动通信系统”这本书。本书比较系统而通俗地介绍了有关移动通信的最基本的理论和技术，内容丰富而广泛。除阐述系统和设备的组成、原理和特点之外，还列举了大量的移动通信系统实例并展望了今后发展动向。但是，由于水平所限，译文中一定会有不少缺点和错误，敬希读者批评指正。

最后，本书在翻译过程中还得到了铁道科学研究院通信信号研究所李震同志和北方交通大学苏志安同志的很多有益帮助，这里致以衷心感谢。

1982年10月

序 言

最近十年移动通信获得了惊人的发展。这是一种正在发展中的新技术，但是，尚未形成完整的系统，所以至今，综述移动通信系统的书还不多。几年前袖珍铃无线方式的出现，到现在已经发展到大量实用阶段。因此，对于从事移动通信的技术工作者来说，有一本通俗易懂的参考书却是很需要的。著者本身学识浅薄，本不胜任执笔的重任，但是作为一个从事移动通信的研究工作者来说，又是一个义不容辞的责任。因此，毅然汇编成本书。

本书的第一章到第四章，从系统设计和设备构成两个方面介绍了移动通信概况、频率分配、电波传播以及各种系统构成的共同技术问题。第五章广泛介绍了各种系统的实例，其中包括正在日本全国范围所要建立的应急通信系统。第六章介绍了今后发展动向，涉及到选址通信和卫星移动通信系统。为了面向广大的技术人员、实际工作者、学生，本书尽量避免繁琐的数学公式，采用较多的图表，以便易于理解。

由于著者水平所限，全书，各章不太平衡，内容也欠充实。本书概要地介绍移动通信的系统及有关基本技术和发展动向，仅供参考。

著者感谢黑川广二、绪方研二、土井博之、山根信义等给予的指导以及三野昇、西野孝平、本村正道、高村充等在资料整理方面所提供的帮助。

渡边正信

1971.5

目 录

第一章 移动通信系统	1
1.1 移动通信概述	1
1.1.1 移动通信业务	1
1.1.2 移动通信技术	7
1.2 频率分配	11
1.2.1 频率的国际管理	11
1.2.2 移动业务用的主要频带	13
第二章 电波传播	18
2.1 概述	18
2.1.1 电波传播方式	18
2.1.2 VHF场强计算	19
2.2 陆上传播	26
2.2.1 陆上传播的实际情况	26
2.2.2 移动通信的传播特性	27
2.3 海上传播	31
2.4 噪声	32
2.4.1 噪声种类	32
2.4.2 VHF频带城市噪声	33
第三章 系统设计	36
3.1 调制方式	36
3.1.1 概述	36
3.1.2 各种调制方式	36
3.1.3 调频方式	43
3.2 干扰	51
3.2.1 干扰种类	51
3.2.2 同频干扰	52
3.2.3 邻道干扰	56

3.2.4	发信机噪声	57
3.2.5	发信机的寄生辐射和收信机的寄生灵敏度	59
3.2.6	灵敏度抑制	61
3.2.7	发信机互调	63
3.2.8	收信机互调	66
3.2.9	收发不同频率配置方法	68
3.3	区域构成方法	69
3.3.1	概述	69
3.3.2	带状服务区划分的方法	71
3.3.3	大平面服务区的区域构成方法	74
3.3.4	越区干扰	78
3.3.5	区域切换和位置登记	79
3.4	多信道选址方式	80
3.4.1	多信道选址方式	80
3.4.2	区域中的多信道选址方式	85
3.4.3	移动台的多信道切换	90
3.5	选叫方式	93
3.5.1	各种选叫方式	93
3.5.2	多信道方式中的选叫	100
3.6	交换接续方式	104
3.6.1	交换接续方式与回线构成	104
3.6.2	移动台与基地台之间的交换接续	111
3.7	通话质量	114
3.7.1	概要	114
3.7.2	通话质量标准	115
3.7.3	与传输质量有关的因素	117
3.7.4	移动通信中的单音清晰度	122
第四章	设备	127
4.1	天线系统	127
4.1.1	天线的作用	127
4.1.2	基地台天线	127
4.1.3	移动台天线	141

4.1.4 天线共用器	142
4.1.5 馈线	148
4.2 无线设备	150
4.2.1 概述	150
4.2.2 基地台发信机	150
4.2.3 基地台收信机	159
4.2.4 移动无线台	168
4.3 测量仪器	175
4.3.1 信号发生器	175
4.3.2 场强计	176
4.3.3 功率计	177
4.3.4 线性检波器	179
4.3.5 频率调制度测量仪	179
4.3.6 综合测试仪	179
第五章 实用中的各种移动通信系统	183
5.1 高速公路通信系统	183
5.1.1 高速公路通信	183
5.1.2 通信系统	183
5.1.3 东一名高速公路通信	184
5.1.4 东一名高速公路移动通信系统	184
5.2 内航船舶电话系统	190
5.2.1 船舶电话业务状况	190
5.2.2 业务概况	191
5.2.3 系统设计	193
5.2.4 设备	202
5.2.5 弱场区措施	207
5.3 列车无线电话系统	214
5.3.1 概要	214
5.3.2 新干线列车无线电话	214
5.3.3 感应式无线电话	220
5.4 汽车电话系统	222
5.4.1 专用汽车无线系统	222

5.4.2 公用汽车电话系统	225
5.5 无线呼叫系统	233
5.5.1 概要	233
5.5.2 袖珍铃业务	233
5.6 应急无线系统	244
5.6.1 概要	244
5.6.2 回线构成	245
5.6.3 系统设计	246
5.6.4 设备	250
5.6.5 无线中继设备的应用	251
5.7 航空无线电话系统	252
5.8 携带电话系统	253
5.8.1 携带电话系统	253
5.8.2 世界博览会展出的携带电话系统	254
5.8.3 其它携带电话系统	262
第六章 其它移动通信系统	263
6.1 选址通信系统	263
6.1.1 概况	263
6.1.2 调制和编址方式	265
6.1.3 地址总数和自身干扰	267
6.1.4 电波传播	270
6.1.5 选址通信实例	271
6.1.6 今后的任务	273
6.2 卫星移动通信	275
6.2.1 导言	275
6.2.2 系统设计的有关问题	276
6.2.3 “应用技术”卫星移动通信试验	278
6.2.4 卫星移动通信的适用性	283
参考文献	285

第一章 移动通信系统

1.1 移动通信概述

1.1.1 移动通信业务

通信的最终目的就是迅速地传达信息，并不受地点时间的限制。除了社会机关团体以及个人广为使用的定点通信方式之外，还需实现对船舶、飞机、火车、汽车等移动体的通信以及这些移动体相互间的通信。

与各种移动体建立通信联络，只能依靠无线电通信。随着社会的不断发展和各种社会活动的日益频繁，移动体的数量和速度也与日俱增，因此可以预料，今后移动通信业务必将迅速扩大。

采用无线电技术解决移动通信问题，已有几十年历史〔1〕。现在世界各国在船舶电话、汽车电话、列车电话、航空电话等方面已经取得了很大进展，仅以日本为例，从表1—1—1所列举的数字中就可以看到移动通信发展的概况。

1. 船舶电话

港口和港湾内船舶之间的电话，通称为船舶电话。1953年在横滨、神户开始应用。以后在四日市、门司、大分和清水开通使用。港湾电话，每一港口配置相同的5个信道（收发共10个频率），移动台使用其中特定的一个，就可与任何一个港口通话。在横滨和神户，因话务量很大，分别配置数个信道，这系统最多容纳船只约200艘。

1958年，为在濑户全部内海区建立船舶电话通信，开办

〔1〕 译文有删减及修改——译者。

电台类型、用途和台数

表1—1—1

用 途 \ 类 型	陆上移动台	船 舶 台	航 空 台	携 带 台
公用通信	7,711			4,284
铁道运输	11,219			213
汽车运输	84,094		1	4
海上运输	223	3,433		164
航空	293		683	87
广播	2,375			450
新闻	914		34	570
港湾运输	183			
港务	319	33		8
水道	535			
煤气	1,197			
电力	9,008		5	149
警察	18,399		11	254
检察	265	1		
海上公安	1	345	25	1,226
消防	8,536		2	980
气象	307	7		19
地方行政	1079	8		
电波监理	46	2		
河川	2,784			
港湾工程	592	27		68
道路	1,987	4		
渔业		28,668	1	53
机器制造	748			3
其它制造业	709			
造船	8	3		195
钢铁工业	496			2
金融	753			
农业	197			17
矿业	342	20		28
林业	1,384	2	1	3
教育	82	18	3	17
其它	2,650	37	61	218
总计	159,436	32,614	827	9,016

注：(1)这是1970年3月末邮政省编写的“各种电台”一文中的数字。

(2)电台种类按电波法规定分类。

(3)其它还有用作移动台的简易或试验电台等。

了瀬户内海沿岸电话。这是大面积区域移动通信的开始。基地台分设在六甲（神戸交换台）、常山（高松交换台）、龟

岡（松山交换台）、祖生（广岛交换台）、门司（小仓交换台）、幸崎（大分交换台）等6个地方。总计使用6个信道（计12个频率），但在六甲使用4个信道，其它各2个。常山、大分、门司采用相同频率，此外常山和六甲以及祖生和六甲也分别采用相同频率。移动台配置2个信道（收发各2个频率），在全区域这2个信道自动交替切换，覆盖全部业务面积。这种方式下面将述及纳入全国性的范围。

为了防止海上事故和提高船只的运行效率，船舶电话的服务区已扩大到日本整个海岸线，甚至包括内航小型船只。内航船舶电话业务于1964年11月正式营业（按着电波法应称为海岸无线电话）。现在共有基地台47个，船只达4900只，并在继续扩大。这种电话系统使用150兆赫频带，最初采用50千赫的信道间隔，开始时使用32信道和8信道切换方式，后来由于需要量的增加，于1966年将信道间隔缩小为25千赫，因此信道增加到63个，移动台采用16信道切换方式。使用这种电话系统，陆上可以随时与航行在日本沿海各处的船只进行通信联络。后来又加进了国际海上移动业务用的安全通信信道，所以必要时还可以直接与海上保安厅通话，因此引起了世界上的重视。

美国和欧洲以前就发展中、短波和甚高频（VHF）频带的船舶电话。但是，特别是在欧洲由于频率统一十分困难，于是1957年在荷兰召开了国际船舶电话会议。1959年按照国际条约正式规定了国际海上移动业务用的频带（参照1.2节）。日本在国际VHF方式的基础上，于1964年东京奥林匹克大会之际，开通了保安通信、船间通信和港湾管理通信等，海上保安厅和港湾管理机关在全国设立了海岸电台。同时，对外国船只业务的电话系统也在横滨和神户开始使用（国际VHF方式，使用3信道）。

2. 汽车电话

世界很多国家都广泛使用了公用汽车电话，而在日本尚未正式商用〔1〕。但是已经进行了研究，1964年开始研制400兆赫频带的城市业务电话系统。这种系统采用自动交换、16信道切换以及基地台收信机的自动切换方式，通话质量获得提高，因此已开始实用。

美国首先于1949年在圣路易开始使用，最初采用150兆赫频带，共11个信道以及400兆赫频带6信道方式。1964年发展了IMTS系统，采用了自动拨号和交换以及移动台信道自动切换（8信道）等新技术。但由于信道数太少，用户发展到2万多便接近饱和。为此，正在进一步研制900兆赫大容量的移动通信方式。

英国1949年开始使用150兆赫频带的汽车电话业务。1965年在伦敦进行了改进，使用3个基地台，仍用150兆赫频带，共10个信道，其中1个信道为呼叫信道，其余9个为通话信道，是采用人工交换的双频半双工方式。

西德很早就使用汽车电话，全国分成8个区共有80个基地台，使用的移动台超过7000部。频率使用150兆赫，移动台分为二个不同的频率群，一个是15信道群，另一个是19信道群，采用人工切换方式。在汉堡用15个信道，而在话务量少的基地台却仅设1个信道。荷兰的汽车电话战前就有，但在二次世界大战期间中断了，从1949年开始重新发展。使用的是70兆赫频带8信道方式，全国共有37个基地台覆盖本土。

除了公用业务之外，还有其它的公用事业和交通运输业等。1950~1952年间，日本还发展了消防、防洪、警察、河流、电力和道路以及出租汽车等电话业务，采用30兆赫和

〔1〕 近年来日本也有较大发展——译者。

150兆赫频带。其中的出租汽车无线电话，1953年初建于北海道，后来得到发展。现在基地台已达3000个，移动台超过6万部。1964年在东京开始采用二频率的集中基地台方式，利用东京旧有的广播天线塔（在赤坂），基地台有29个，移动台已达6000部。

3. 列车电话

1956年在日本的京畿铁道大阪一名古屋之间的列车上使用了150~250千赫的感应无线列车公用电话。后来于1960年在东海道特快列车上装设了400兆赫列车电话系统。在东京—神户之间设置了14个基地台，相邻基地台采用不同频率并且交互配置，移动台使用2个收信机，可以自动地与信号比较强的1个邻近基地台接通。1964年随着新干线的开通，列车无线电话也开始使用新的400兆赫系统。在新干线列车电话系统中，沿线27个地点共设置了36个基地台（包括辅助中继台），包括隧道区段在内，可以在全线实现通信联络。在基地台和移动台之间，采用自动跟踪交换新技术，这在世界上来说，也是最先进的方式。现在移动台已超过80部。

除作旅客公用电话之外，本系统还可以同时用于列车的紧急停车，列车调度专用电话以及与调车场的通信联络电话，在国营铁路、私营铁路等部门已得到广泛应用。列车电话主要使用150兆赫和400兆赫频带，而在地铁、矿山等坑道内大多采用感应通信方式。

4. 航空电话

在日本，对于飞机的航空电话系统尚未正式实用。国外应用的也不太多，美国于1957年开通了芝加哥—纽约间的航空电话。使用400兆赫频带、6信道并设置了地面基地台对飞机的特别呼叫信道。

随着航空事业的发展和飞行的高速化，加强航空交通管

制十分重要，因此作为业务专用的电话系统得到广泛发展，现在主要采用VHF频带（130兆赫）。与在大陆间飞行的飞机进行联络的通信，现在使用的是短波波段，但由于通话质量不好，所以正在开辟利用卫星的航空电话系统，估计不久的将来就能实现。

5. 个人业务

这是以个人为通信对象的一种移动通信方式。1968年，东京开始使用被称为“袖珍铃”的无线呼叫业务。外出人员可以随身携带一个收信机，象一般电话机一样，预先给一个呼叫号码。呼叫者用普通电话拨出所要收信机的号码，送出呼叫信号，通知携带这个收信机的外出人员。使用150兆赫频带，即使在建筑物内也可以呼叫，大约每一频率可容纳1万个用户。现在这种无线呼叫，在东京大约有2万个，使用效果很显著。1969年12月在大阪，1970年在名古屋先后开始推广实用，并计划扩大到全国各大城市。

无线呼叫业务，在美国最先利用35兆赫频带，并于1958年开始应用。此后，1962年在华盛顿和西雅图发展和使用了150兆赫无线呼叫系统，大约每一频率可容纳3000个用户。荷兰在1965年也使用了无线呼叫通信，发展了无线呼叫业务。除具有呼叫号码外，还可进行一个数字（1~6）拨号，使收信者可以获得6种信息。因为汽车电话无选叫的功能，在研制时，还考虑到兼用的性能，所以，收信机较小，更接近移动式。频率选用80兆赫频带，每一频率可容纳25230个用户，可以覆盖整个荷兰。

可以预料，以个人为对象的移动通信，在今后必将得到发展。现在的系统尽管任何的电话机都可以进行呼叫，但却不能识别主叫者的电话号码。所以，目前还在研制能够识别主叫者号码的、范围广的、使用方便的超袖珍铃系统。过

去，曾在大阪世界博览会上展出了一种手持无塞绳的携带电话，它可以在约20平方米的面积内实现任意的移动通信。这种系统特别适用于室内或站内、会场等处，预计在今后将获得发展。

1.1.2 移动通信技术

为适应移动通信业务的不断发展，必须解决相应的技术问题，特别是需以频带扩展、频率有效利用以及设备的轻型化小型化等方面为重点。

(1) 频带的扩展

因为中、短波的通信距离不受视距的限制，所以多用于远洋船舶和远程航空通信，但是由于这个频段频率低，可供使用的频带较窄而且易受干扰，所以为了得到高质量的通信，移动通信的频带已经移到甚高频(VHF)。这个频带可供利用的频带宽，适用于宽带调频方式。VHF频带最先使用30兆赫，以后陆续使用了60兆赫、150兆赫频带。特别是150兆赫频带，由于天线尺寸小，高频调谐电路容易小型化而且能够获得较大功率，所以很适合移动通信。因此，目前使用这个频带最多，波道也最拥挤。为解决波道日益增长的需要，1965年之后开始开辟400兆赫频带。在这个频带上要获得较大的发射功率虽然还有困难，但是400兆赫频带外部噪声小，所以在噪声多的大城市使用这个频带并不劣于150兆赫频带。

为满足今后移动通信业务量不断增加的要求，一方面要提高频率的有效利用，另一方面需要进一步开辟更高的新频带，这是当前移动通信的重要课题。目前美国已经开始在900兆赫频带进行研究和试验。但是由于频率的提高，伴随而来的是传播损失的增大，为此，对高增益天线和分集接收技术以及更经济的高频电子元件的研究便成为另一个十分重要的

任务。从这个角度看，如果能把 VHF 电视频带移到超高频 (UHF) 频带，对移动通信的发展将会起到重要的作用。

在利用卫星的船舶、航空等移动通信中，采用 1600 兆周频带，这就需要使用更高频率的有关技术上做更多的工作。

(2) 频率的有效利用

对有限的频谱实行最有效的利用是无线电技术中的一项长期的重要课题，诸如减小无线信道间隔，减小每个信道占用的带宽；采用二频集中基地台方式以及改善移动台性能，减少互调等干扰；合理设计频率区域；采用选叫方式和多信道选址以提高线路的利用率等都属于这个范畴。这些问题将在以后各章中叙述，这里仅就有关窄带化问题简要地加以说明。

在 VHF 以上的频带，移动通信中大多采用调频制（见节 3.1）。为了提高通话质量，必须传输 3 千赫附近的高端能量成分。若采用增加频偏的方法，尽管信噪比可得到改善，但所需的带宽也要相应增加。例如，当最大频偏为 ± 12 千赫时，需要带宽为 $(3 + 12) \times 2 = 30$ 千赫。考虑到发信频率由于环境温度经年变化的影响，必然会产生频率漂移。再加上收信机带通滤波器不理想，因此需要给带宽预留一定富裕量，实际上与相邻信道的间隔必须取 40 千赫。因此要减小信道间隔，就必须减小频偏，同时还要求本机振荡的频率稳定性和收信带通滤波器的矩形系数有相应地提高。

已往日本 60 兆赫频带采用 30 千赫信道间隔，150 兆赫频带采用 40 千赫间隔（内航船舶电话因与国际上使用方式有关，采用了 50 千赫信道间隔），400 兆赫频带按 50 千赫信道间隔分配。1968 年以后，信道间隔都减半，因此频率的利用率相应提高了一倍，但是所要求的性能也更加严格，如表 1—1—