

电信职工培训丛书

无线接入技术原理 与应用

吴文昱 宋俊德 编著
王文野 续大我



人民邮电出版社

电信职工培训丛书

无线接入技术原理与应用

吴文昱 宋俊德 编著
王文野 续大我

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是一本介绍用户无线接入技术的图书,重点介绍了今后发展用户接入网时涉及到的无线接入方式和相关技术,并就无线接入方式的经济性作了一些定性分析。

本书主要内容包括:绪论、无线接入的相关技术、码分多址方式、无线接入工程、无线接入的应用、无线接入的经济性分析和现有的几种无线接入系统。

本书可供电信部门的规划人员在进行电信网规划工作中参考阅读,也可供从事电信工作的技术人员和管理人员阅读,还可作为相关院校师生的参考读物。

电信工程培训丛书 无线接入技术原理与应用

吴文野 宋俊德 编著
王文野 续写

*

人民邮电出版社出版发行
北京朝阳门内大街256号
北京市密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

*

开本: 850×1168 1/32 1996年9月 第一版
印张: 6.625 1996年9月 北京第1次印刷
字数: 171千字 印数: 1—5000册

ISBN 7-115-06200-5/TN·1096

定价: 10.00元

丛 书 前 言

当今世界通信技术已成为发展最活跃的科技领域之一。今后十年是我国建设社会主义现代化邮电通信网的十分重要的时期。实现邮电通信现代化,一是要依靠科技进步,二是要提高职工素质。现代通信的发展对职工素质和技能的要求越来越高。邮电职工一旦掌握了新的科技知识,其自身的素质和技能就会发生根本性的变化,劳动操作能力必将大大提高。为此,我社组织编写这套“电信职工培训丛书”陆续出版。

这套丛书紧密结合电信部门的实际,重点介绍近些年来迅速出现、发展起来的新技术、新设备。丛书的特点是结合通信引进、应用、推广和创新的实际,突出实用性,深浅适宜,条理清楚。丛书的主要读者对象是各通信部门的工程技术人员,也可作为相关院校通信专业教学参考用书。

殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,以便这套丛书日臻完善。

人民邮电出版社

目 录

第一章 绪论	1
1.1 无线接入技术	2
1.1.1 移动式接入技术	3
1.1.2 固定式无线接入技术	5
1.2 固定无线接入技术	5
1.2.1 国内外 FWA 系统开发研制情况	6
1.2.2 FWA 系统结构	7
1.2.3 FWA 系统的市场前景分析	8
1.3 有线接入技术	11
第二章 无线接入的相关技术	14
2.1 无线电技术概述	14
2.1.1 无线电基础	14
2.1.2 无线信号的衰落	16
2.1.3 数字无线通信的三个组成部分	19
2.2 语音编码	21
2.2.1 高效语音编码的方法	22
2.2.2 典型的编码方式	23
2.3 调制、均衡和纠错编码	28
2.3.1 调制技术	28
2.3.2 均衡	33
2.3.3 纠错编码	35

2.4	多址技术	37
2.4.1	多址技术的概念	38
2.4.2	频分多址(FDMA)	39
2.4.3	时分多址(TDMA)	41
2.4.4	码分多址(CDMA)	43
第三章	码分多址方式	49
3.1	同步码分多址方式	49
3.1.1	同步码分多址原理	49
3.1.2	沃尔什(Walsh)码(序列)	50
3.1.3	系统的构成及多址性能	52
3.1.4	Walsh 码的相关特性及其改善	54
3.2	异步码分多址系统	55
3.2.1	系统的构成及特点	55
3.2.2	伪随机码	56
3.2.3	系统的性能及改善	70
3.3	CDMA 方式在 FWA 系统中的应用	71
第四章	无线接入工程	73
4.1	无线接入工程介绍	73
4.1.1	服务业务类型	73
4.1.2	服务质量	79
4.1.3	服务的有效性	80
4.2	无线接入系统的设计目标	83
4.2.1	质量目标	84
4.2.2	费用目标	85
4.2.3	容量目标	86
4.2.4	频谱利用率目标	87
4.2.5	自由度目标	91

4.2.6 前向兼容性目标	92
4.2.7 便携性目标	92
4.3 无线接入工程的设计	93
4.3.1 无线电频段的工程预算	93
4.3.2 路径分析	97
4.3.3 无线覆盖区域	98
4.3.4 用户段工程	99
第五章 无线接入的应用	101
5.1 无线接入的基本模型	101
5.2 无线接入在电话网中的应用	104
5.3 无线接入在移动通信中的应用	119
5.3.1 蜂窝移动无线通信	122
5.3.2 非蜂窝移动通信	126
5.4 无线接入的其它应用	127
5.4.1 作为 PCN 的无线接入	127
5.4.2 专用网中的无线接入	130
第六章 无线接入的经济性分析	134
6.1 无线接入分析的经济性模型	134
6.1.1 经济模式的要素	135
6.1.2 线路设备的输出	136
6.1.3 线路设备研究的条件	137
6.1.4 线路设备的输入	140
6.1.5 线路设备的结构关系	141
6.2 无线与有线的经济对比	142
6.2.1 有线网的标准结构	143
6.2.2 无线接入的标准结构	146
6.2.3 用无线接入替代有线接入	149

6.3	简单的无线接入的费用分析模型	152
6.3.1	有线和无线的距离/密度的比较	152
6.3.2	规模大小的影响	157
6.3.3	馈线的影响	157
6.3.4	增加服务业务	159
6.3.5	时间对经济性的影响	159
6.3.6	其它因素的影响	161
6.3.7	小结	162
6.4	使用无线接入的经济因素	164
6.4.1	无线接入的地区问题	164
6.4.2	有线/无线混合使用	165
6.4.3	无线覆盖区域的分析	168
第七章	现有的几种无线接入系统的介绍	170
7.1	Motorola 的 WiLL 系统	170
7.1.1	基于移动电话交换局(MTSO)的 WiLL 系统 ...	170
7.1.2	基于 PSTN 的 CDMA WiLL 系统	179
7.2	NT 的无线接入系统	183
7.2.1	NT 的 IONICA 系统	183
7.2.2	IONICA 系统的运行、维护和管理	186
7.2.3	Proximity T 系列无线接入系统	188
7.2.4	其它 Proximity 固定无线接入系统	191
7.3	Falcon 系统	192
7.3.1	Falcon 系统的典型配置	193
7.3.2	Falcon 系统的使用与管理	198
7.3.3	Falcon 系统的几种典型应用	201

第一章 绪 论

目前,人们已经注意到在电信领域中,以电话为主的电信技术近年来已发生了质的飞跃:交换机已由机电式交换机发展到数字程控交换机;作为终端的电话机也已从拨盘式发展到全电子按键式多功能电话机,面貌为之一新。然而人们也注意到从交换机到电话机之间的传输手段,在绝大多数情况下仍未摆脱两根金属导线。随着现代科学技术的飞速发展,人们迫切要求网路中的这一部分也有一个较大的改变,也就是说要把接入网的技术研究提到日程上来。

问题的另一个方面是从实际发展中提出来的:我国最近几年电话通信发展速度在世界上名列榜首,1995年装机容量达1800万线,而计划中实装电话机数为1000万部,为何余下800万线?理由很简单,从程控交换机到用户电话机的连接工作在很多情况下变成电信发展的“瓶颈”,从现代技术角度,这一部分通称为接入网或用户环路。接入网现在已经变成了电信网中的重要一环,它不仅在投资中的比重不断加大,建设周期长,而且直接影响着电信的普及和未来的发展。

近些年来,各种用户环路新技术的开发与应用特别活跃,复用设备、数字交叉连接设备、用户环路传输系统、无源光网络等的引入,增强了用户环路的功能和能力,但也使之变得更加复杂化。为了充分利用原有资源,同时兼顾经济性和对未来技术进步及业务发展的适应性,很多国家相继提出了发展接入网的目标、措施和步骤。

目前,世界各国电信公司普遍把发展接入网作为主要的经营策略之一,倾注了很大的力量。设备制造厂商也积极适应这方面的需

要,开发了各种各样的接入网设备产品。

在我国,以电话业务为基础的电信网经过几十年的高速发展,已形成较大规模,网路设备的程控化、数字化比例已超过了一些发达国家的水平。但是,城市地下管线建设由于受到多种客观条件因素的影响和制约,用户线路不足的瓶颈问题在一些地方并未得到根本解决,并且过去铺设的用户线(缆)不能提供和解决宽带业务的需求。所以,接入网的技术及其发展受到了各地较大的关注,特别是大城市接入网的建设已经在积极着手准备和进行当中。

国际电联标准部根据近年来的发展演变,提出了接入网(Access Network-AN)的概念:接入网是指本地交换机与用户端设备(CPE)之间的传送系统,它可以部分或全部代替传统的用户本地线路网,可含复用、交叉连接和传输功能。下面将分别介绍发展接入网技术的主要方法——无线和有线。

1.1 无线接入技术

无线接入技术(Wireless Access Technology)也称无线接续技术,或称无线本地环路(Wireless Local Loop),主要功能是以无线技术(大部分是移动通信技术)为传输媒介向用户提供固定的或移动的终端业务服务,即无线用户环路上的用户基本为固定终端用户或移动终端用户。无线用户环路的宗旨和目标是提供与有线接入网相同的业务种类和更广泛的服务范围。无线用户环路由于具有应用灵活、安装快速等特点,目前已成为接入技术中最热门的话题,受到各国尤其是电话业务急需普及的发展中国家的重视。

在有线通信不断发展的同时,无线通信技术以其灵活方便的功能特点,广泛应用于电信网的各个领域。目前,无线接入采用的技术很多,应用形式五花八门,对各种无线接入的定义也是各种各样,但大体上可以分为移动式接入和无线方式的固定接入两大类。

1.1.1 移动式接入技术

这一类技术主要指用户终端在较大范围内移动的通信系统的接入技术。(用户只有在特殊情况下才会小范围内移动)。这类通信系统主要包括以下几种:

1. 集群移动无线电话系统

集群移动无线电话系统是专用调度指挥无线电通信系统,它在我国得到了较为广泛的应用。集群系统是从一对一的对讲机发展而来的,从单一信道一呼百应的群呼系统,到后来具有选呼功能的系统,现在已是多信道基站多用户自动拨号系统,它们可以与市话网相连,并与该系统外的市话用户通话。集群系统各中心站(基站)之间可用微波电路、光缆或电缆相连接,以形成统一的调度指挥系统。集群系统与传统非集群系统相比具有以下两个优点:①频率利用率高,发射期间占用信道数少,等待时间短。②覆盖区共用,费用分担,电信业务共享。目前使用比较广泛的集群系统主要有美国 Motorola 公司的 Smartnet 系统(工作频率为 800MHz,采用半双工方式、双工操作,移动台采用按讲方式)、英国马可尼公司的集群系统、荷兰飞利浦公司的 TN10~TN20 系列、瑞典爱立信公司的 GE16PLUS 系统、法国的 RADIOCOM203 以及澳大利亚的集群系统等。我国自己也开发了用于调度指挥的专用无线电电话系统。集群系统多用于公安、防汛、森林防火等部门。如前所述,这些专用系统均与市话网相连接,因此用户使用起来感到方便,特别是在一些长途线紧缺和铺设长途电缆较为困难的地方,以及地域辽阔而人员稀少的大区域,采用这种系统建设周期短,投资少,回收快,所以受到了欢迎。但该系统仍是属于区域性的,虽然某些新产品在系统各基站覆盖区内已具有跨区漫游功能,不过在同一服务区内用户数受基站信道数的影响,一次总用户数不能太大。集群系统的优点是投资费用低,手机月租费也低。

2. 蜂窝移动电话系统

蜂窝移动电话是在 70 年代初由美国贝尔实验室提出的。在给出

了蜂窝系统的覆盖小区的概念和相关理论之后,该系统得到了迅速的发展。

(1) 第一代蜂窝移动电话系统:指陆上模拟蜂窝移动电话系统,主要特征是用无线信道传输模拟信号。美国、英国、日本都开发了各自的系统。北欧四国也开发了 NMI-450 系统,它具有跨国“漫游”功能。这一代产品还包括 1968 年底推出的 900MHz 的 NMI-900 系统。我国现在绝大部分省采用的是模拟蜂窝移动电话系统。由于各省市用户数增加十分快,不少城市已显得信道不足。绝大部分省市目前已实现连网,不少省市之间也具有了漫游功能。

(2) 第二代蜂窝移动电话系统:主要指数字蜂窝移动电话系统,它以直接传输和处理数字信息为主要特征,因此它具有一切数字系统所具有的优点,提高了频率的使用效率。这一代产品具有代表性的是泛欧蜂窝移动通信系统 GSM。GSM 本来是欧洲成立的一个移动通信特别研究小组的简称。这个小组在欧洲的蜂窝移动通信方面作了大量的工作,对 8 种不同的实验方案进行了论证,最后制定了泛欧洲的数字蜂窝移动通信系统,并用该研究小组 GSM 名字命名。有代表性的系统是工作在 900MHz 的 ECR900 系统。目前我国很多省市都已经开通了 GSM 数字蜂窝移动通信系统。

3. 卫星通信系统

采用低轨道卫星通信系统是实现个人通信的重要途径之一,现在在美国 Motorola 公司的“铱”计划、日本 NTT 计划、欧洲 RACE 计划。其中以“铱”计划已作的工作最多,它是一个全球性的卫星个人通信系统,目标是在全球任何地方均可以打出或接收电话,各终端通过 66 颗低轨道卫星与地面上的设备构成统一系统,进行全球通信。整个系统由三大部分组成:

(1) 卫星及地面控制设备:系统的主体由 66 颗智能卫星组成,通过微波彼此相连而构成空中网络,每颗卫星不仅通过地面站与陆上用户进行通信,也可与本系统内其他的卫星进行空中信息传输。低轨道卫星是一种小型卫星,它的体积小、重量轻、通信功能很强,价格

也很便宜。

(2) 关口站:它是指具有与地面上公众电话接口的地球站,它可实现本系统内的用户单元与公众电话网中的电话、传真和数据终端的通信,它是空中信息与陆上信息交换的关口。

(3) 终端:该系统所采用的手持移动终端类似蜂窝系统的手持机,是作为话音通信用的。此外,该系统也包括车载装置、机载综合电子装置(飞机上用)、传真机和数据通信设备等。

1.1.2 固定式无线接入技术

固定无线接入的英文名称为 Fixed Wireless Access,简称 FWA,它是指能把从有线方式传来的信息(语音、数据、图像)用无线方式传送到固定用户终端或实现相反传送的一种通信系统。也有人用 FRA(Fixed Radio Access)一词,还有人习惯与有线本地环路相对应,采用无线本地环路(Wireless Local Loop—WLL)的名字。按照上述的定义,它应该包括了所有来自公共电话网的业务并用无线作传输方式送到固定用户终端的系统。与移动通信系统相比,固定无线接入系统的用户终端是固定的,或者在极小范围内(如家中、办公室中)移动,因此不需要移动控制和越区切换的功能,从而节省了设备投资。这种系统无论从经济上、建设周期上、系统维护和系统可靠性等方面都优于有线方式(如光缆、电缆、电话线等)。如果这一系统的价格进一步降低,到初期安装费用低于有线系统时,则能够在某些地区代替传统的有线系统。这一系统是我国当前发展的重点,因此在下一节作专门的讨论。

1.2 固定无线接入技术

本节主要介绍国内外 FWA 系统研制的情况、FWA 系统结构和它的市场前景。

1.2.1 国内外 FWA 系统开发研制情况

由于 FWA 主要是解决用户环路部分,所以国内外各大公司的系统方案各不相同。如从覆盖区大小来看,其覆盖面积的半径从 50m 到几十公里不等;从频率角度看,从几十兆赫的到几千兆赫不等;从多址方式看,有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA),也有码分多址(CDMA)。但是所有这些公司开发的主要目标是对准发展中国家的,特别是像中国、印度、墨西哥这样地大、人口多的国家。下面我们首先对已有的系统从技术指标和性能上作些分类,然后再作简要的比较与分析。

1. 主要技术指标:

(1) 使用频段:我国目前尚未公布用于 FWA 系统的频段。从国外已有的产品看它们主要分布在下述三个频段上:

① 1.8GHz~3.5GHz:用于城市的 FWA 系统采用这一频段较为合适;因频率高、衰减快、覆盖面积小、制造基站和端机的元器件价格高,用于农村、山区显得不合适。

② 800MHz~1GHz:由于 1GHz 以下无线电收发设备制造经验成熟、产量大,所以产品成本较低。这一频段的 FWA 系统适用于农村、山区、沙漠和尚未建起蜂窝移动通信系统的区域。

③ VHF/UHF 段:这一频段特点类似 800MHz~1GHz 频段。由于开发使用较早,此频段用户拥挤,但设备成本低,适合分配给廉价的 FWA 系统。

(2) 多址方式:众所周知,在现代移动通信系统中多使用 FDMA、TDMA 和 CDMA。目前,绝大多数 FWA 产品使用 TDMA 技术,少数产品仍使用 FDMA 技术,只有个别公司使用了 CDMA 技术。还有一些公司正在推出基于 CDMA 技术的 FWA 系统。

(3) 语音编码方式:大部分使用 32kbit/s ADPCM 技术,也有采用 16kbit/s 或 13kbit/s 的。

(4) 调制方式:各种 FWA 产品使用了多种调制技术,如 DQP-

SK、FFSK、GFSK、DS-2PSK 等。

2. 主要性能:

(1) 基站覆盖范围:基站的覆盖范围主要由设计者根据使用的区域不同而定,覆盖区的大小主要靠控制发射功率和接收灵敏度以及天线的高度及形状等来控制。一般来说人们习惯把覆盖区分为宏区、微区和微微区。

① 宏区,又称大区(macro cell),覆盖区半径超过 5km,最高可达 55km。这类 FWA 产品大多直接使用蜂窝基站或专门设计的大功率、高天线的基站,这些产品主要用于农村、山区、沿海、沙漠地区等。但也有一些该类产品,由于使用了 CDMA 技术,扩大了系统容量,因而也适于在城市中使用(如 Motorola 公司的 WiLL 系统)。

② 微区(micro cell),半径在 0.5~5km 之间,主要在郊区和农村使用。

③ 微微区(pico cell),半径在 50~500m 之间,这一类产品适合于大城市人口密集的区域。

(2) 基站容量:基站容量与采用哪一种覆盖区和哪一种多址方式有关。同一系统由于覆盖区大小不同而使每平方公里用户数按高幂指数曲线规律上升;在同一覆盖区半径下,用同样频宽,采用 CDMA 技术的容量远远大于 TDMA 和 FDMA 系统。CDMA 系统的容量为 TDMA 的 5 倍以上,而 TDMA 系统又较 FDMA 高 5 倍以上。

(3) 服务种类:FWA 系统现在主要提供语音和传真服务,以后会有数据和图像的服务。

1.2.2 FWA 系统结构

虽然各种 FWA 系统的结构不完全一样,但如果按照服务对象和覆盖面积的不同,则可以归成三大类。图 1.1(a)为尚未采用 FWA 系统时的线路结构。由图 1.1(a)可知从中心局到中心局一般用光缆、铜缆或微波中继来连接。由于两个中心局之间路数大,可以将成本分摊到每个用户。从中心局到用户一般分成三段:中心局到主分线

器(箱、架)这一段称为 A 段或叫作馈线段,主要由光缆、铜线电缆或微波中继完成,从主分线器到 PBX(用户交换机)这一段也属于 A 段;从用户交换机到分线器(架、箱)这一段称为 B 段,统称分配线段,这一段因为线数已大为减少一般用铜线电缆;从分线器(盒)下来到用户的端机这一段称为 C 段,也称为引入线,一般用非屏蔽双绞线或多股单线电缆,然后通过建筑物中的电话通道连到电话机。

上述的 A、B、C 三段线路如果用 FWA 取代可有不同的情况,而实现的系统功能也不同,如图 1.1(b)、1.1(c)、1.1(d)所示:

第一种情况是中心局到用户端机之间全部用无线电传输取代有线连接的方式,如图 1.1(b)所示。这样做在某些场合从经济上是十分合算的,安装也很方便;但由于这种系统覆盖区太大,所以在同一频宽和同一多址复用技术下其用户数量较少。这种方式比较适合远郊区、山区和农村。这就是前面提到的宏区(macro cell)的情况。

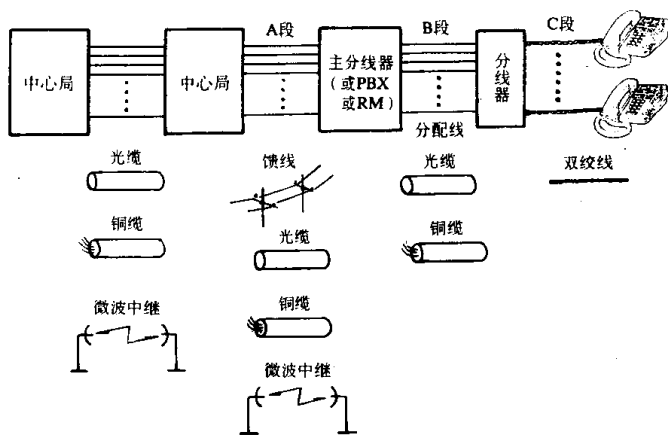
第二种情况是采用 FWA 系统取代图 1.1(a)中的 B 段和 C 段,如图 1.1(c)所示。多使用较低功率的系统,以解决中等范围的通信。这种情况下的用户容量可比第一种情况多 20 倍以上,但仍不到微微区容量的 1/5。它相当于前面介绍的微区(micro cell)。它适合用于新居民区、小区、近郊区、大的机关、厂矿、水库工地等。

第三种情况是只用 FWA 系统取代图 1.1(a)中的 C 段,如图 1.1(d)所示。这种情况下使用低功率系统,覆盖区为微微区,用户区只能是一个很小的范围。这种系统采用的是 CT2、CT2+、PACS、DECT、CDCT、PHS 等技术,因此研制费用较低,而用户容量是三种情况中最大的。

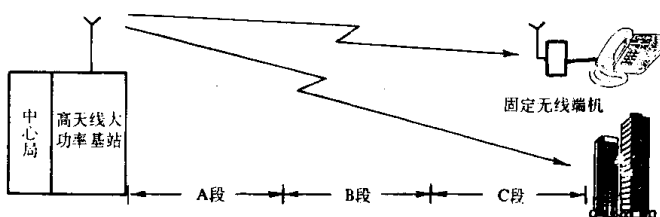
1.2.3 FWA 系统的市场前景分析

根据有关调查结果来看,我国的城市、农村、山区、沙漠、沿海地区和岛屿等十分需要 FWA 系统,但是价格要便宜,质量要可靠。下面从几个方面来分析它的市场前景。

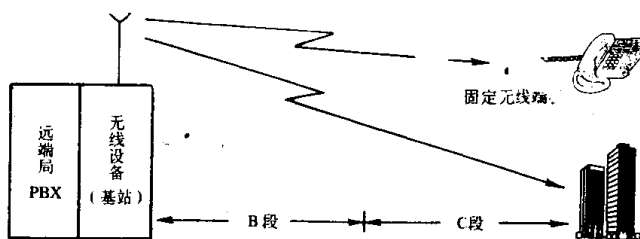
1995 年我国安装程控交换机达 1800 万门,有关专家们预计



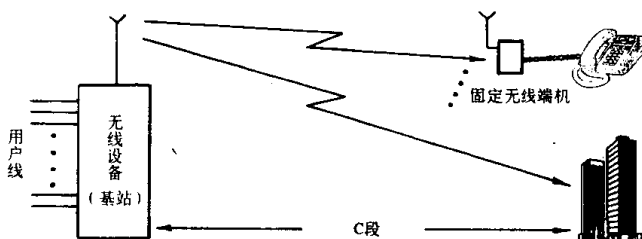
(a) 未采用FWA时的结构



(b) 从中心局至用户端机全部采用FWA的结构



(c) 用FWA取代 B段和C段



(d) 用FWA取代 C段

图 1.1 FWA 系统结构的分类示意图