

陆地移动通信的现状与展望

PRESENT SITUATION AND PROSPECT OF MOVING COMMUNICATION

吴佑寿

70年代以来,随着科学技术的高速发展,通信的业务范围不断扩大,除传统的电报、电话之外,非话业务如图文传真(FAX)、文字广播(teletext)、电视图文(videotex)、可视电话(videophone)、电话会议和数据(计算机)通信,以及把各种业务组织在同一信道同时传输的综合业务(Integrated services),等等,纷纷问世。这些业务大大扩大了通信的服务领域,使人们能够获得各种形式的信息。这是通信事业的又一巨大成就。

各种新的通信业务各有特点,但有的需添置较昂贵的终端,有的属于单工通信,如图文传真等虽然可以传送书面信息,便于保存,但不能随时交谈或讨论。可以认为,电话仍是应用最广的一种通信方式。

当前的公众有线电话已经十分普及,使用也很方便。但是由于话机位置是固定的,人们只能在一定地点打电话。离开家庭、办公室或公用电话亭就失去与他人进行联系的手段。在很多情况下,当人们处在运动状态时更需与他人取得联系以获取所需的信息。移动电话就是适应这种需要而发展起来的。

利用电磁波在自由空间传播的现象,实现无线电通信的技术问题早在100年前就解决了。为什么只是在最近10年才出现“移动通信”呢?诚然,20世纪以来人们已经建立了各式各样的电台,如步谈机、汽车调度系统和导航系统等,实现了与车辆、轮船、飞机以及太空飞船之间的相互联系。但是这些系统大多是点对点的专用通信或一点对多点的广

播式通信,一般都是为专门用户设置的,应用范围相当有限。从技术上说,上述系统大都只是无线电技术的简单应用,功能不强,难以推广普及。

近十年来迅速兴起的移动通信是一种崭新的公众通信系统。在工作原理、技术和业务等方面,它和已有的各种通信系统没有什么区别,但在使用时却能摆脱有线公众电话端机位置固定的限制,用户可以在不断移动的情况下,随时与其他用户(固定或移动)进行通信。它不只需用无线电通信技术,还涉及计算机、自动控制及各有关的基础学科,形成一个多种技术综合的新领域,构成一种新的通信体系,因而具有其他已有通信系统所不具备的功能和更广泛的用途。

目前利用无线接入(Tetherless access)以实现通信联系的第一代系统主要有,无线电寻呼系统、无绳电话和车载移动电话。

无线电寻呼系统

寻呼系统的主要功能相当于电话机的振铃装置。某一用户需要与另一用户取得联系时,可以通过寻呼中心,用无线电信号传送电话号码,要求被呼叫者回话;或者传送事先约定的信息代码,被呼叫者获得一定信息但不需要回话。为了保证系统可靠工作,寻呼电台一般具有较强的辐射功率和较大的服务区域,用户分机只是一个简单的收信机,体积小、耗电量低,价格便宜。这种系统投入市场以来,大受用户欢迎。1987年美国用户已超过300

万。我国于 1984 年开办这种业务，目前已有 70 个城市建立了寻呼系统，工作频率为 152.650 和 156.275 兆赫，发射功率 100 瓦，用户总数超过 8 万，预计将以每年 20% 的速度递增，10 年内可达 130 万户，并遍及我国各大中城市，成为电信部门主要业务之一。

无绳电话

无绳电话事实上是有线电话端机在空间上的延伸。这种系统的末端由有线电话点的收发信机和无绳分机两部分组成，它们之间依靠无线信道互相联接。无绳话机由用户随身携带，用户可以在自由活动的情况下与其他用户通话，作用距离一般不超过 100 米。由于工作半径小，发射机辐射功率（约几毫瓦）和耗电量都不大，电池不必经常充电，使用方便，价格不高，每条约 100~200 美元。美国于 70 年代推出这种系统后，装机量迅速增加，1982 年达 200 万台，1987 年即达 2 500 万台。日本和西欧各国的情况也极相似。

目前的无绳话机突出的缺点是，作用范围很小，而且只能和指定的有线端机配合使用，不具有“漫游通信”功能。此外，由于可供使用的频率有限，又缺乏频率分配的法规，因而同波道干扰严重，也没有保密措施，故用途十分有限。

为了提高信道利用率，减小同频道干扰，近年来日本 NTT 公司研制了多信道模拟无绳话机，能在 40 个无线信道中选用同频干扰最小的信道。英国有关单位则着力研制能供多个用户公用的“电话点”（phone point），安装在人口密集的地区，如车站、码头、机场或购物中心等。位于“电话点”附近的持有无绳话机的用户能够利用该电话点与其他用户通信，并支付资费。这是为个人用户提供方便的一种很好的设想。

车载移动电话

车载移动通信系统的服务区域采用蜂窝式的结构，常称为蜂窝系统。图 1 是这种系统的示意图。系统所服务的地区划分为若干个略有交叠的蜂窝状小区，每个蜂窝设一个或若干个基站电台（基台 BS），各基台通过传输线路 TL（有线或无线）与移动交换中心 MSC 联接，构成移动通信网，并进一步与公众交换有线电话网相连。在某一蜂窝内移动的用户车载或便携电台，利用规定频率将信号传送

到该蜂窝的基站，即可和网上的其他用户进行通话。当用户在通话时从一小区进入另一小区，交换局能够进行话音频道的自动切换；如果进入另一个交换局的服务地区，则应能自动进行交换局切换，以保证通话不会中断，同时进行计费处理的交接，这种功能称为漫游通信（Roaming）。信道切换和漫游是移动通信和其他通信系统的主要差别。

陆地公众移动通信系统的建立给用户带来更多的方便与效益。因此这种系统于 70 年代问世以来，便迅速在世界各国推广，目前已在 30 多个国家和地区使用，用户已达 200 多万。日本于 1979 年启用这种系统，到 1986 年已建立 51 个服务区，覆盖面积占主要居民区的 60%，约有 135 000 个用户。美国的装机数最多，约 125 万台。北欧各国的总装机量虽然较少，但普及率很高，据 1986 年统计，挪威高达 2.4%，其他各国也都在 1% 以上。我国自 1986 年起，先后在京、秦、沪、穗、深圳和珠海六市建设移动通信系统，总容量为 2 万户，已装用户约 2 000 台。

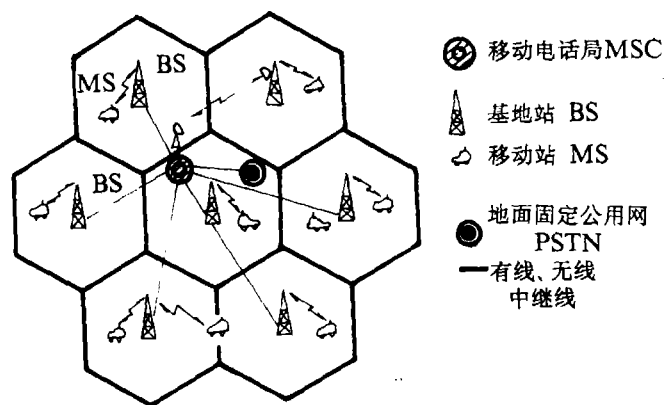


图 1 公用蜂窝系统基本构成

目前的蜂窝式移动通信采用模拟调频制式，工作频段主要有 450 和 900 兆赫两个波道。小区半径约为 1~40 公里，基台发射功率为 50~100 瓦，天线高度为几十米，移动台发射功率为几瓦的量级。模拟调频的特点是，技术比较成熟，设备较为简单，价格也较便宜，但蜂窝面积过大，频谱利用率低，系统容量小，又不易保密。另一方面，对于便携式手提机来说，由于它和基台距离远，衰落问题大，接收机比较复杂，发射机也必须具有较大的辐射功率，对人体有一定影响，蓄电池又需经常充电，使用维护都不方便。此外，目前有关标准还未建立，各国家生产的设备制式不同，信令不一，无法互通。西欧各国主要有六种制式，国土又小，车

载台进入邻国就无法使用，对移动电话的发展是极大障碍。

为了解决这些问题，欧洲邮电管理委员会 (CEPT) 于 1982 年成立一个移动通信特别工作组 (GSM)，以协调西欧各国有关移动通信的研制工作，制订技术标准和接口关系，开发一种容量大、体积小、耗电低、价格便宜的新一代产品。GSM 着重比较了数字与模拟、时分与频分多址等制式的优劣。经过论证和实验之后，于 1986 年得出结论，认为数字式蜂窝系统优于模拟制式，时分多址 (TDMA) 优于频分多址 (FDMA)，采用窄带编码能满足话音质量的要求。按照这些原则建立的窄带 TDMA 系统，在 25 兆赫频带由可容纳 125 个带宽为 200 千赫的信道，每一信道可安置 8 个 16kbps 的话音编码信号（或 16 个 8kbps 的数据信号），总容量为 1 000 个 16kbps 的话音用户。当蜂窝直径为 3 公里时，系统容量为 $38\text{erl}/\text{km}^2$ ，而模拟调频制只有 $15\text{erl}/\text{km}^2$ ；当蜂窝直径为 100 米时，其容量达 $200\text{erl}/\text{km}^2$ ，比模拟调频系统增加十几倍。表 1 是 CEPT/GSM 建议的一些主要技术指标。

GSM 数字化移动通信系统将于 90 年代投入应用。这种系统的性能比第一代模拟调频制式优越，但也存在一些根本问题，有待解决。

表 1 CEPT/GSM 建议的主要指标

频 带	890~915兆 赫(移动台); 935~960兆赫(基地台)
每个频载的信道数目	8个 16kbps 或 16个 8kbps
载频间隔	200 千赫
调制方式	GMSK
分集方式	交织纠错编码、跳频、自适应均衡
语音编码	规则脉冲激励预测(RPE)

展 望

移动通信的飞速发展，引起人们的高度重视。有人预言，个人用的袖珍台将是继收录机、电视机和录相机之后的销量最大的民用电子产品，成为通信领域的另一个重要产业。为此，一些有关的国际组织、研究机构，以及工厂、企业，均不遗余力进行紧张的研究和开发工作。CCIR 于 1986 年成立“中期工作组”IWP8/13 研究未来公众陆地通信系统 FPLMTS，两年之后提出了建议草案。目标是：个人袖珍电台无论在户内，市区、郊区或农村等不同无线覆盖情况下，都能获得与有线网质量相当的

通信服务；卫星链路进入 FPLMTS，使移动用户可在广阔区域内实现漫游通信；FPLMTS 与 ISDN 兼容，最终使它与 ISDN/PSTN 固定网结合成一个世界规模的整体。这是一个宏伟的长远规划，要真正实现随时随地与世界上任何人进行包括各种业务的高质量通信，还需进行不懈的艰苦努力。数字化是今后发展的必然方向，这方面，西欧各国的进展较快。按照 CEPT/GSM 研制的数字式窄带 TDMA 移动电话产品已在部分地区进行试用；欧洲经济共同体 RACE (Research on Advanced Communications in Europe) 计划也大力支持有关车载和便携电台与未来宽带通信网相结合的研究。在日本，NTT 和 NEC 公司为了改进现有的无绳电话，正致力于它和 PBX 相结合以提高其性能和功能的研究。美国的研究更为全面，除上述问题外，有关无线包交换数据网络的研究早已开始，并在三个城市试验。总之，关于移动通信的研究和推广应用的浪潮，正方兴未艾，值得我们密切注意。

随着人们对移动通信的期望与要求不断增长，以及研究工作的深入开展，技术上提出的问题也越来越多。目前的大蜂窝模拟调频系统突出的问题是：系统容量小，和与个人用袖珍台不能兼容。

扩充系统容量问题的关键是提高频谱利用率，即充分利用已有的频率资源。目前解决这个问题的方向已比较明确，即：采用数字技术取代模拟技术；采用小蜂窝结构取代大蜂窝结构。

在数字化方面，GSM 的窄带 TDMA 是一种可行的方案。它采用 16kbps 或 8kbps 的数字语音压缩编码和 GMSK 调制技术，可把信道频带减少至 25 千赫或 12.5 千赫；时分多址 (TDMA) 制式可以实现信道共用，比每个用户单独占用一个专用频率具有更高的信道利用率，而且复接器比较简单，和 FDMA 相比不需采用结构复杂的滤波器，易于实现集成化和大量生产，价格也可以降低。对于需要建立大量基站的小蜂窝系统来说，这是十分重要的因素。此外，数字化还有利于加密。

提高频谱效率的另一途径是采用小蜂窝结构，使频率能够“再用”。对于直径小的蜂窝，发射机的功率和天线高度都可以降低，利用 VHF 和 UHF 视距传播的特点，不相邻的、距离较远的蜂窝可以采用同一频率，而不致互相干扰。因而在频段相同的条件下，小蜂窝结构的系统容量可以大大增加。根据 FPLMTS 的建议，在未来的陆地公众移动通信系统中，户外移动台用的蜂窝直径为 1~20 公里（大蜂窝），户外个人袖珍台用的蜂窝直径为 100~

1 000 米，室内个人台为 10~50 米（微蜂窝）。蜂窝结构不只用于二维平面，也可推广用于三维的高层建筑，如英国建议的“电话站”。基台辐射功率只需几毫瓦，天线可装在天花板或电灯杆上。图 2 和图 3 是这种结构的示意及频率配置。

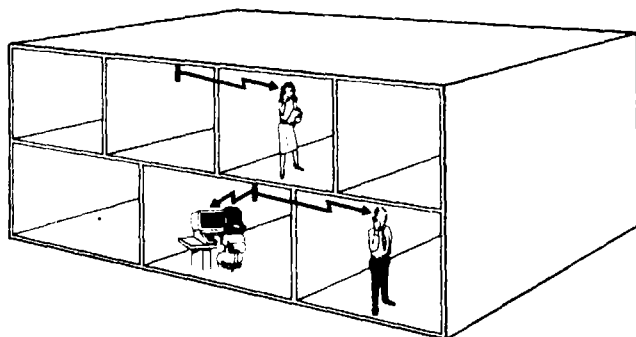


图 2 楼房无线接入示意图

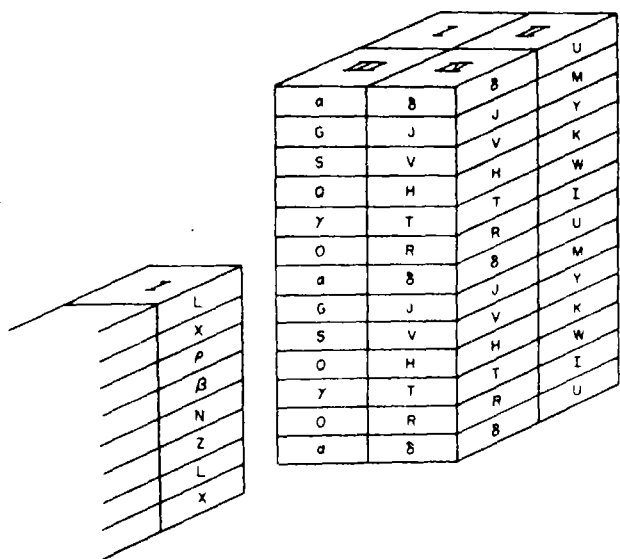


图 3 建筑单元频率分配(各字母代表不同频率)

微蜂窝结构对个人用袖珍台较为适用。由于蜂窝面积小，袖珍台与基台距离近，所需的辐射功率和耗电量都不大，蓄电池不需经常充电，对人体的危害也显著减小。此外由于作用距离较近，无线传播信道的衰落干扰较小，收音机可以不用复杂的分集电路，体积可以减小，价格可以降低。这些特点对于活动范围不大，移动速度较慢的个人用袖珍台来说，是较为适宜的。

车载台的使用条件有所不同。它移动速度高，活动区域大，因而蜂窝面积不宜太小，发射功率也必需够大，由于汽车备有容量较大的蓄电池，供电困难不大。这些条件与个人用袖珍机恰好相反，因

而两种移动台能否兼容，还属疑问。GSM 的数字化系统也未解决这个问题。

几点意见

移动通信是 80 年代科技领域重大成就之一，是信息时代通信系统必不可少的组成部分，发展移动通信是大势所趋。当前我国电信事业还很落后，应该着手开展有关研究和建设工作。

我国电话普及率约为 0.8%，今后若干年内仍应集中人力、物力，加速有线电话的建设，这一方针是没有争议的。但是，对移动通信应采取更积极的态度。随着改革开放的深入，国内外交流日益增多，对移动通信的需求肯定会不断增长。建国 40 年来，我们已经培养了一支强大的通信技术队伍；在通信现代化，如数字化、集成化与程控技术等方面的基础研究和通信网建设都已取得不少成绩和经验；全国还有几十个生产无线通信设备（包括第一代移动通信设备）的工厂和若干研究单位。现在要做的工作是制订发展规划，确定近期目标，组织力量，加强领导，做好发展移动通信的前期工作。“八·五”期间可以进行下列工作。考虑到模拟调制制式将逐渐被数字式所取代，因而研究工作应着眼于下一代移动通信系统。用于移动通信的数字技术，如话音压缩码、调制、纠错、保密、频率合成等技术，以及设备集成化、微型化等都和其他数字通信系统没有什么区别，我国有关单位也已做了不少工作。问题是缺乏具体应用目标，人力和资金都相当分散，研究、开发、生产和使用各个部门严重脱节。反观 GSM 1982 年制订第二代移动通信标准之后，短短几年即形成生产力，90 年代即可把产品投入市场。我国也不缺少好的先例。70 年代末期研制数字微波通信系统时，就采取研究、生产、使用三结合的方针，目标明确、力量集中，在不长时间内就有成套设备投入应用，不但建成几个系统，也为近几年数字微波通信的迅速发展打下基础。考虑到专用网比较简单，也较易得到有关应用部门的合作。建议组织应用生产和科研等部门，在经过充分论证之后，确定方案，联合攻关，争取在一定时间内建立一个试验性系统至于移动通信应以车载台为主，还是以袖珍台为主，必须认真研究。

本文作者吴佑寿（Wu Youshou）系清华大学无线电电子学研究所所长。