第 1 章　无线通信原理

【本章学习指导】

本章概要地介绍了用无线电波传递信息的基本原理。就广义的传递信息而言，必须要有“发”和“收”两个环节。无线电传输信息也不例外，无非是用无线电波作为载体来传输信息，无线传输信息由收信机和发信机共同组成了无线传输信息的系统。因此在学习本章时，不能将收信和发信孤立起来看待，要用“系统”的观点认识收信机和发信机的实质。事实上，收信和发信都是为了传输信息。信息，是一个广义的概念，在无线通信中，信息特殊的含义是信号。无线通信会涉及到许多信号，如射频信号、中频信号、音频信号、本振信号……信号的主要特征是频率，信号的频率是无线通信中的一个重要物理量，是区分形形色色信号的主要标志。如果说发信的过程主要体现在‘调制’和‘升频”上,收信过程恰好与之相反,主要体现了‘解调’和“降频”。此外本章还介绍了通信的‘单工”、‘双工”方式和无线覆盖的‘大区”、‘小区”制式。

因为手机是一部双工制的超小型无线收发信机，所以本章是学习手机射频电路的入门。

1.1　信息的无线传输

远距离的实时通信曾经是人类最古老的梦想，人们一直致力于将这个梦想变为现实，无线电波的出现圆了人们的梦。18世纪中期，麦克斯韦提出了电磁场动力理论。1887年,赫兹以卓越的实验成就证实了电磁波的客观存在，他的实验证明：电磁波在自由空间的传播速度与光速相同，并能产生反射、折射等与光波相同的现象，使麦克斯韦的理论得到证实。人们为了纪念赫兹，将无线电波的频率单位定为赫兹(Hz)。此后，俄国的波波夫、意大利的马克尼等科学家致力于研究如何利用电磁波传输信息。1895年，马克尼首次在几百米的距离，用电磁波通信获得成功,1901年又首次完成横渡大西洋的无线电通信。从此，无线电通信进入了实用阶段。

用无线的方式传输信息除了电磁波以外，还有利用红外线传送。例如彩色电视的遥控器就是红外线传送信息的典型应用。在森林防火系统中，是利用红外线遥感器来探测火灾的信息。但由于红外线传送信息的距离较近、衰减大、工作频率低，多用于检测和控制系统中。

移动通信是采用无线电波传送信息的，以下将介绍无线电波传输信息的过程。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

1.1.1 无线信息的发送

信息传输对人类的生活的重要性是不言而喻的。传递信息的方式多种多样，人与人之间的对话,是最基本、最常见的传递信息方式,但这种方式作用距离近、衰减大,只适于近距离传播;我国古代利用烽火台传递信息,在烽火台上点上烟火,就是战争的信号,方圆几十里都能看到。此外,诸如信鸽、驿站快马等,都是人们曾经用过的传递信息的方法;抗日战争时的“消息树”,是抗日军民传递“鬼子进村”的消息;海军和铁路使用的旗语,是用编码的方法来传递信息。利用无线电波,可以传递哪些信息呢?可以传递声音、图像、图文、编码等信息。其中声音和图像信息属于模拟信号，图文和编码属于数字信号。利用无线电波传递信息，具有速度快、作用距离远的特点，使信息传递具有实时性和即时性。例如，卫星直播的电视节目，在美国进行的一场球赛，在中国马上就能看到。因此，无线电通信成为当今社会最重要的最常用的传递信息方式。

无线电波是如何传递信息呢？下面以传递声音信息为例进行说明。无线电发信机的基本组成如图 1－1 所示。

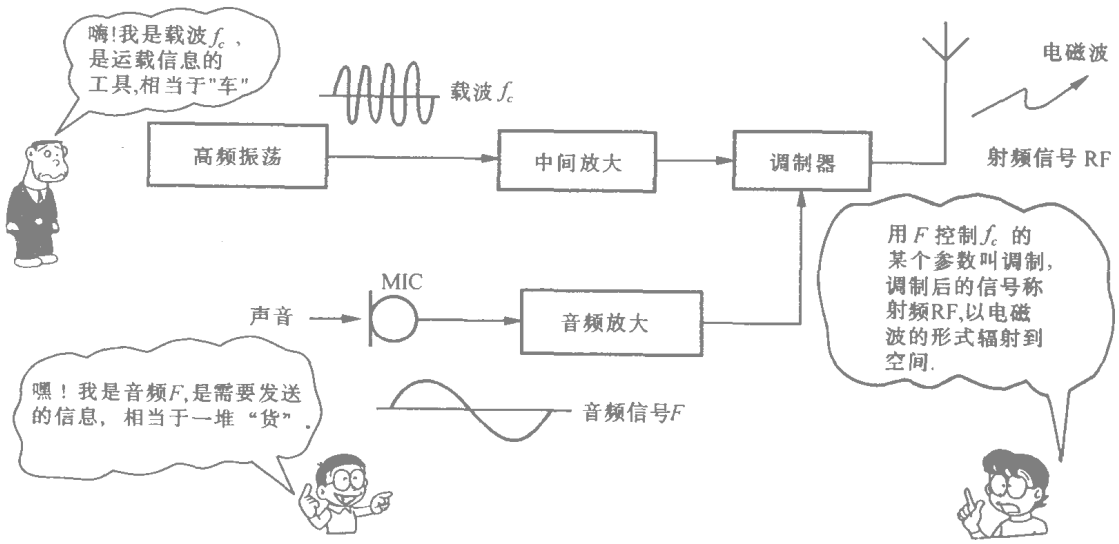


图 1－1 无线电发信机基本组成

1.音频信号

声音信号经过话筒变为电信号，此电信号称为音频信号，其频率范围从 20Hz～20kHz,记作 F。音频信号可用数轴来表示声音频率的高低，如图 1－2 所示。

音频信号的频率与人们发声有关，通常嗓音粗的语音频率低；嗓音细的语音频率高。演奏电子琴声音的音符与频率一一对应,也就是说不同的频率产生不同的音符。可见 音频信号的频率反映了音调的变化。

小于 20Hz 信号的频率称为次声波,次声波人耳无法听到,因为它的振动频率每秒不足 20 次，使人耳的鼓膜振动不起来。

20kHz～80kHz 的频率称为超声波，超声波人耳也无法听到，因它的振动频率每秒超过

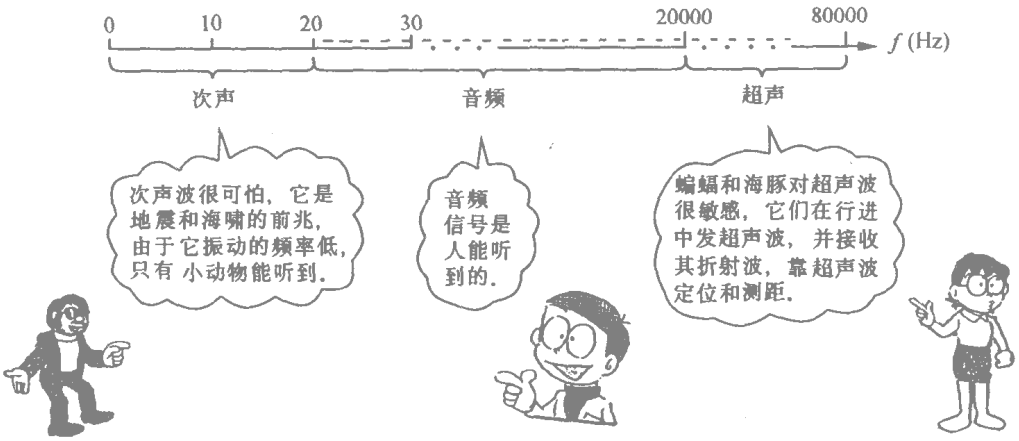


图 1－2　音频范围与次声波、超声波

20000 次，振动得太快了，人耳的鼓膜来不及反应，所以人听不到超声波。

【注释】

在无线电通信中，信号是一个极其重要而广义的概念。信号可分为各种类别，如语音信号、图像信号 数字信号、模拟信号 高频信号、低频信号等，这些信号统称为信息。实际上信息是一个更为广义的概念，也是当今最为时髦的话题。信号是个很复杂的物理量，但是最基本的电信号可用正弦波表示，如图 1－3，也称波形图。其中横坐标是时间 t，纵坐标是信号电压 u。为了描述信号的特征，常用到一些物理量：

(1)频率 f 单位时间 t 内交流信号的变化次数，基本单位为赫兹，记为 Hz。频率表征了电信号变化的快慢，例如我们熟知的照明电的频率为 50Hz，说明它一秒钟变化了 50 次。

(2)周期 T 交流电变化一次所需的时间，基本单位为秒，记为为 s。周期和频率是密切相关的量，两者互为倒数的关系，关系式为 $T=\frac{1}{f}$ 或 $f=\frac{1}{T}$。

(3)波长 λ：经过一个周期，电磁波传播的距离。其关系式为 $\lambda=TC$ 或 $\lambda=\frac{C}{f}$，其中 C 为光速，$C=3.00\times10^{8}\text{m/s}$。

(4)电压 u：交流信号的大小，基本单位是伏特，记为 V。由于交流信号是变化的 所以有瞬时值 u、有效值 U 和最大值 U_m 的区别。对于正弦交流电压而言，瞬时值 $u=U_m\sin\omega t$，而最大值和有效值的关系为：$U_m=\sqrt{2}U$。例如照明电的有效值是 220V，而最大值是 $U_m=\sqrt{2}\times220\text{V}=314\text{V}$。

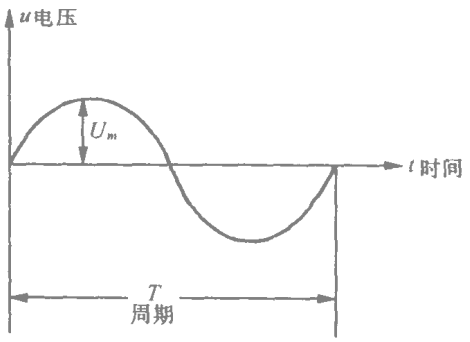


图 1－3　电信号的波形图

2.为什么音频信号不能直接发射

由图 1－1可见,音频信号是要传递的信息,为什么音频信号不直接加到天线发射,而要有高频振荡和调制器，使问题复杂化。这是由于：

天线理论证明：天线尺寸 $=\frac{1}{4}\lambda$ 时,才能得到最高的传输效率。其中 λ 为音频信号的波长,其范围在 15～20000km 之间。可见，要直接发射音频信号，需要长达上千公里的天线，这在技术上是难以实现的。为此，必须借助于高频振荡 f_C,用 f_C 携带音频 F 向外发射,由于 f_C 的频率很高，使天线尺寸大为缩短。f_C 称为载波或载频。

3.载波 f_C

载波有这样的几层意思：

(1)如上所述,载波相当于运载工具,它用来携带信息向外发射。因此载波被喻为‘车”,而音频信号则看成‘货”,由车载着货向外发送。

(2)载波可以区分电台，因为不同的电台使用不同的载波频率，只有这样接收端才不至于混台。

(3)载波是宝贵的资源，特别是在无线电通信飞速发展的今天，载波资源就格外显得重要。因为这种资源是有限的，载波不断地被人们开发占用，使资源匮乏。这如同地皮一样，人们都在搞房地产开发，地皮就身价倍增了。因此合理地利用和管理载波，已成为人们关注的问题。

4.调制器

如前所述，在无线电通信系统中，是利用天线将电磁波辐射到空间。通常，需传送的语言信号或图像信号的频率较低，为了使信号有效地辐射出去，必须将所要传送的低频信号去控制高频振荡的某个参数，然后再发射出去，这种控制过程称为调制。高频振荡实际起着运载低频信号的作用，称为载波；低频信号则起着控制高频振荡的作用，称为调制信号。调制可以理解为低频信号和高频信号的混合。

关于调制的概念,可以打个比方说明:一杯白水加一匙糖,搅拌一下,白水变成了糖水,就相当于调制。其中白水相当于载波，糖相当于音频信号。

调制有多种方式,用调制信号控制高频振荡的振幅、频率和相位,分别称为调幅 AM、调频 FM 和调相 PM。调幅是用载波振荡幅度的瞬时变化表达信息；调频和调相分别是用载波的频率和相位的瞬时变化表达信息。调频和调相时，振幅维持不变。在选择调制方式时，应全面综合考虑。例如，调幅制频带较窄，接收设备简单，广泛用于无线电广播。调频制抗干扰能力强，占用频带宽，频率失真小，适于立体声等高级信息的传播，一般工作于甚高频和超高频频段。无论调幅、调频和调相，所传送的信息都是模拟信号，也称连续的模拟调制。手机的射频电路就是采用调频方式。

如果调制信号是二进制数，就要采用数字调制方式,GSM 数字手机的基带处理电路采用的是名叫最小移频键控 MSK 的数字调制方式。

经过调制的信号，称为已调波，以电磁波的形式经天线辐射到空间，这个情形正像一口钟被撞击后，声能向四方传播一样。这个信号也称为射频信号，记为 RF 信号。

1.1.2 无线信息的接收

无线电波接收过程正好和发送相反。如果说无线电波的发送的核心问题是调制，接收则

主要体现为解调,即从已调波中还原为调制波。当然,除了解调这一核心部件外,还有变频、放大等环节

无线电接收机有直接放大式和超外差式两类。直接放大式接收机的特点是灵敏度较高,输出功率也较大,但由于对高频信号直接放大,在整个频带内,高频端的灵敏度比较低,对不同电台的接收效果也不相同,因而适用于固定频率的接收。为了克服直接放大式灵敏度不均匀的缺陷,现在的接收机几乎都采用了超外差式线路。图 1-4 给出超外差式接收机的一般组成框图。

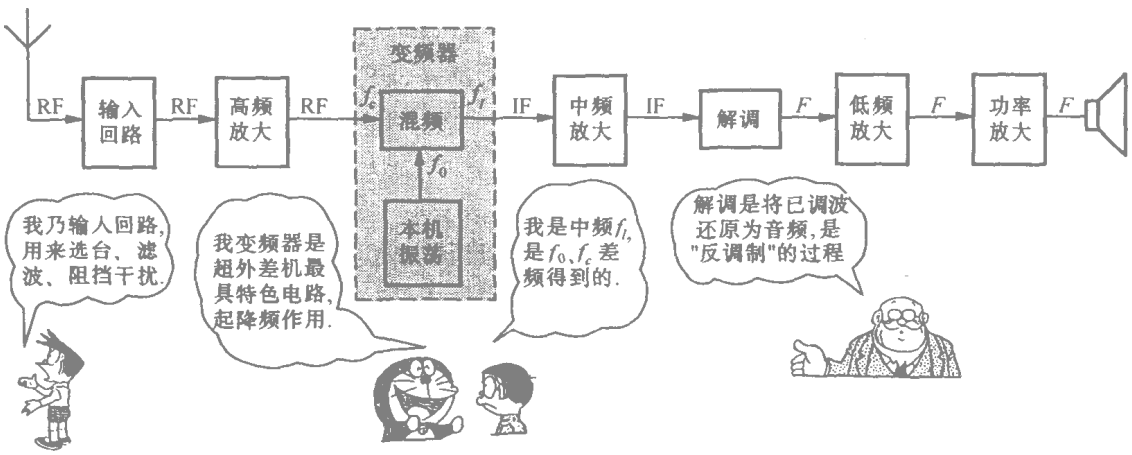


图 1-4 超外差式接收机方框图

超外差式接收机的主要特点是：利用频率变换技术，把接收的射频信号 RF 的载波频率 f_C 先变为频率较低的，而且是固定不变的中间频率（称中频 IF)。而其调制规律保持不变，即仍由 F 来决定。然后利用中频放大器加以放大送到解调器，解出音频信号 F。因为中频放大器的中心频率是固定不变的，所以其放大倍数很高，整机增益在接收频率范围内，灵敏度比较均匀。对于调谐而言，仅对输入回路和本振回路进行同步调谐，中频回路则采用固定调谐，比较容易实现。

超外差式接收机各部分作用说明如下：

1. 输入回路

输入回路的作用是选台或滤波，让有用信号通过，滤除干扰。在手机中，会遇到各种各样的滤波器,如射频滤波、中频滤波、本振滤波等。

2. 高频放大器

也称射频放大，简称高放，在手机中称预放或低噪声放大，用来放大微弱的接收信号。因为天线接收的信号相当弱,通常是微伏的数量级,通过高频放大,放大到毫伏的数量级,可提高整机的灵敏度。

3. 变频器

混频器和本机振荡器统称为变频器。变频器的任务是将射频信号的载波频率 f_C 降低为中频 f_I，它采用差频方式。设外来载波信号的频率为 f_C,本机振荡频率为 f_0,则变频器满足 $f_0 - f_C = f_I$,差频 f_I 即定义为中频信号 IF。由于本振频率 f_0 与载波 f_C 同步变化,所以中频

需要全本请访问 www.ertongbook.com

f_I 的频率固定，且中频信号的调制规律与射频信号相同。正是由于变频器的差频作用，人们将这类接收机称为超外差式。

4.中频放大器

简称中放，中放的作用是放大中频信号 IF,由于 IF频率固定，所以中放的放大倍数可以做得很高。中放是超外差接收机的主增益放大器，它决定了整机灵敏度。比如说：手机的信号弱、噪音大,多为中放没调好或损耗大引起的。

5.解调器

解调器的作用是将中频已调波还原为音频信号 F ，因此解调是一种反调制过程。根据发送端调制方式不同，接收端有不同的解调方式。对于调幅波 AM,采用检波器解调 对于调频波 FM，采用鉴频器解调；模拟手机就是用鉴频器解出语音信号的。对于数字调制，采用特殊的数字信号调制和解调方式,GSM 数字手机的调制方式是移频键控，采用相干解调器解出数字语音信号。

6.低频放大和功率放大

简称低放和功放,低放和功放的作用是放大解调以后的音频信号,使其具有一定的功率,足以推动扬声器发声。由于音频信号的频率较低，所以可采用低频放大器来放大。低放和功放决定接收机音量的大小,比如说手机的信号很强,能占满格,但声音小,说明低放或功放有问题。

【注释】

以上介绍了声音信号的无线电发送和接收的基本原理，从中引出许多重要的概念术语。对于手机来说，其内部有超小型的无线电收、发信机各一部，手机中的无线电收、发信机的特点是：

(1)载波频率高达 900MHz,对于电路、器件、工艺诸方面均有很高的要求。

(2)收信机几乎都采用了二次变频技术，即由射频 RF 变为一中频 IF_1，再由一中频变为二中频 IF_2。这是由于接收频率太高，需要分二次降下来。

(3)发信时，有的机型采用一次升频发射，大多数机型采用二次升频发射。一次升频是指语音信号直接调制载波，上变频到射频 RF 上；二次升频是指语音信号先调制副载波，得到发射中频 TX－IF,再由 TX－IF 上变频到射频 RF 上再发射出去。

二次升频和二次变频技术详见本丛书第 2 册 2.5.2 一节中的叙述。

1.2 无线话机的通信工作方式

无线话机包括手机、对讲机、无绳电话、车载机等。无线话机的通信工作方式可分为两类：即单工制和双工制。

1.2.1 单工制

单工制的主要特点是收信机、发信机轮流工作。A 方发话时,B 方受话;B 方发话时,A 方受话。通常在话机上装有发话按键，需要发话时，则按下按键开启发信机将信号发出去。松开按键则发信机关闭，话机处于收信状态。单工方式又分为同频单工和异频单工两种情况。

1.同频单工

如图 1－5。

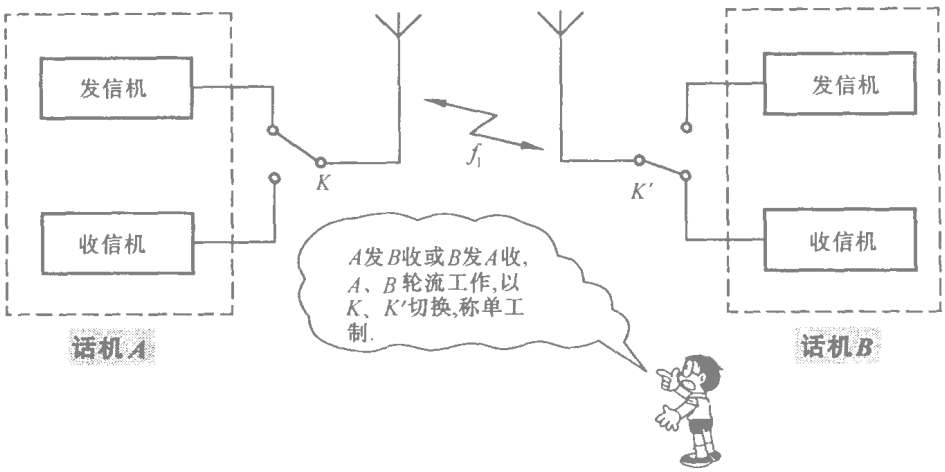


图 1－5　同频单工通信

由图可见，A 发 B 收时，使用频率 f_1；B 发 A 收时，使用频率也是 f_1，由开关 K、K' 同步切换。

同频单工无线话机的特点是：

(1)电路简单、调试容易，适合于批量生产。

(2)各无线话机之间可方便地实现通话，组网容易。由于同频单工一呼百应的特点，当两个移动话机相距较远而无法通话时，中间的话机就可为双方传话。

(3)收、发信机轮流工作，节省能量。

(4)保密性差，一方发话，大家都能监听。

(5)若在同一地区存在多个无线话机使用相邻频道，相距较近的话机间将产生干扰而影响通信，基地台也不能使用相邻频点同时工作，不能组成较复杂的网。

2.异频单工

如图 1－6所示。

A 发B 收时，使用频率 f_1；B 发 A 收时，使用频率 f_2。以开关 K、K'同步切换。异频单工除具有同频单工所具有的特点外，还有一些特点：

(1)保密性较同频单工强。

(2)能适于基地台与移动话机使用两个频点实现双向通信，因此基地台可设置多部收发信机同时工作。可将收信机设置一个频点，发信机设为另一频点，多个频点同时工作，增加通信容量。

单工方式适合于简单的对讲通信和小范围的移动通信。例如铁路部门使用的对讲机是同频单工方式，只要一打开机器，就能听到本无线覆盖区内所有机器发来的语音信号，这完全出于行车安全的考虑，无需保密。

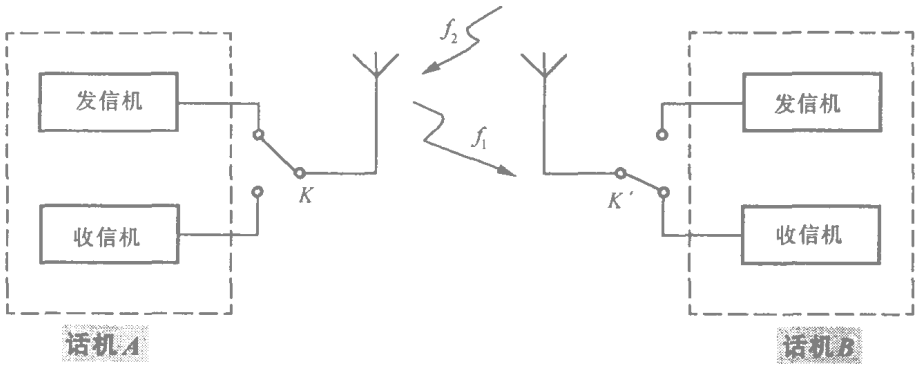


图 1－6　异频单工通信

1.2.2　双工制

所谓双工制是指收发双方能同时工作，A 方发话的同时能收到 B 方发话，无需发话按键，使用时与普通电话一样方便。如图 1－7 所示。现在风靡全球的蜂窝式移动通信就是采用双工制的，它的特点是：

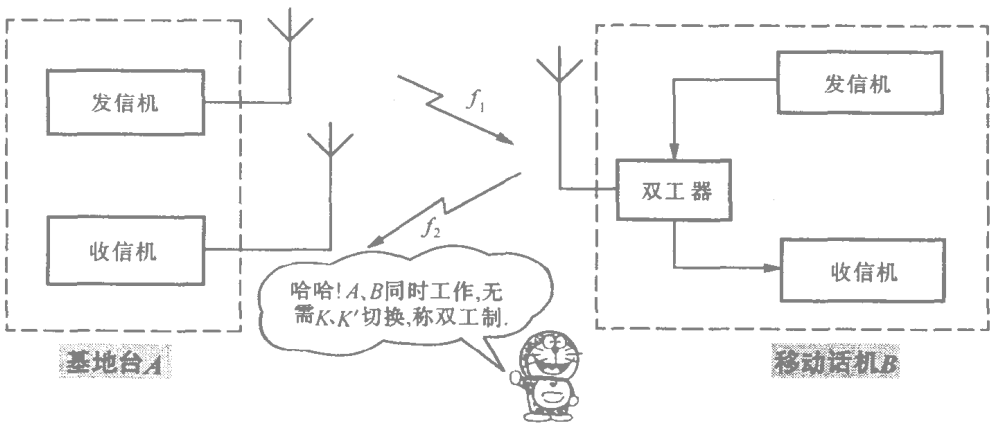


图 1－7　双工通信

(1) 占用的无线频点多，用户容量大。

(2) 移动话机之间无法通话，必须经过基地台接续。基地台可以方便地实现本地区、全国或全世界联网。

1.3　无线覆盖区域

由无线电波的传播特点可知：一个基地台仅能在其覆盖区内与无线话机进行正常通信，组成所谓的无线区域，这种无线区域的组成通常划分为大区制和小区制。

1.3.1 大区制

早期的移动通信采用大区制，大区制是单一基地台大面积覆盖方式。它是指在一个无线通信区域，由一个基站覆盖整个大的无线服务区。所谓无线覆盖区，是指当基地台采用全向天线时,在无障碍物的开阔地,以通信距离为半径,所形成的圆形覆盖区。如某个小城市内,由一个基地台负责无线话机通信的联系和控制，或由少量的不同频点的基地台来覆盖整个无线通信区,其结构如图 1-8。大区制的特点是：

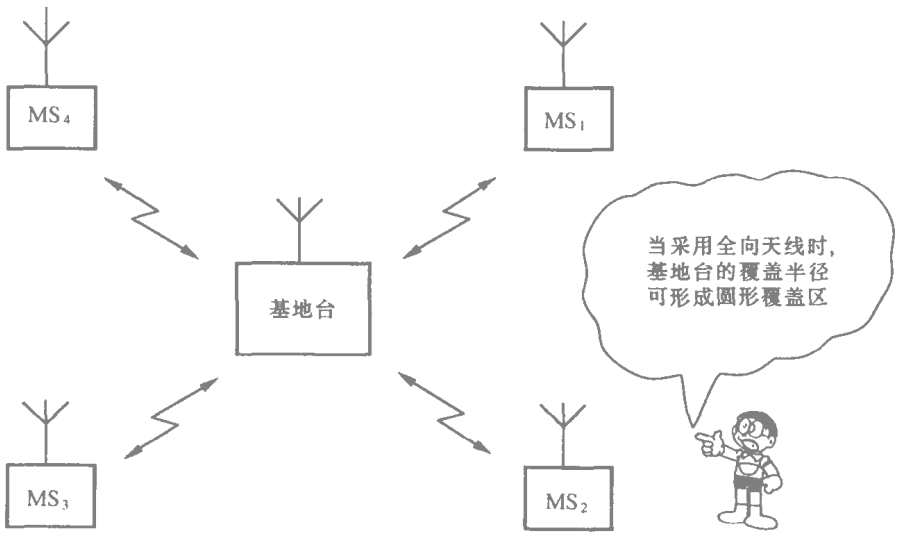


图 1-8 大区制

(1)为了增加基站的覆盖范围，基地台发射机输出功率比较大，天线架的高，发射塔都在 30m 以上,采用全向天线,因此覆盖半径也较大,无线覆盖范围大于 50km。

(2)不能实现频率复用，频率的利用率低。在一个区域内，若基地台使用频率 f_1,则不允许其它台再使用 f_1，否则会引起混台。因此其同频复用的距离较大，频率资源的利用率低。

(3)系统的容量不高,因为其容量(用户数)主要由基地台的信道数所决定,一个基地台所能提供的信道数是有限的，通常大区制的用户容量为数百个。

(4) 当移动话机距基地台较远时，移动话机可以收到基地台的下行信号，而基地台却不能收到移动话机的上行信号。为克服这个缺点，通常在适当地点架设若干个分集接收机，相当于“接力”传输信息,利用分集接收效应,来保证整个无线区域中实现正常通信。

大区制适于中小城市移动网或寻呼系统采用。为了适应大城市或更大区域的服务要求，必须采用小区制组网方式，以在有限的频谱条件下，达到扩大通信容量的目的。

1.3.2 小区制

小区制是指整个无线通信区域分为若干个小无线通信区，每个小无线通信区分别设置了一个基站负责本区的移动话机的联络和控制,每个小无线区(基站)使用一个频道,邻近的小无线区使用不同的频道。因此小区制是集中控制的多基站小区域覆盖。

划分无线电区域，会涉及到无线区域的形状。对于由多个小无线区组成的通信网而言，通

常有带状小区和蜂房状小区。

1. 带状小区

如图 1－9 所示。

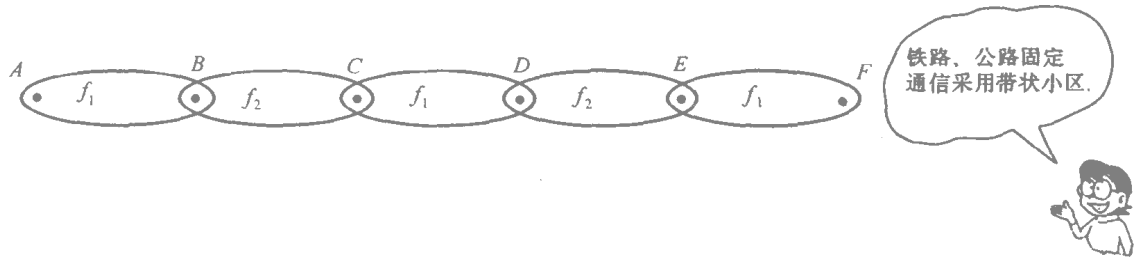


图 1－9　带状小区

从图可见，每个小无线区的频点 f_1、f_2 反复使用，例如 A 与 B 之间通信用频率 f_1，B 与 C 之间通信用频率 f_2，C 与 D 之间通信可用频率 f_1，以此类推。由于相邻小区的频率不同，因此不会产生同频干扰。小区内站点之间通信采用定向天线，发射功率较小，其无线覆盖区呈带状。带状小区适于沿海、铁路和公路等所组成的固定通信网。

2. 蜂房小区

当基站采用全向天线，它的覆盖面积可视为一个以基站为圆心，通信距离为半径的圆。当多个小无线区彼此邻接覆盖整个服务区时，就可以用圆的内接正多边形近似地表示圆形。从几何图形上看，规则的多边形不外乎有正三角形、正四边形和正六边形。欲使正多边形互相邻接，且尽可能不相互重叠和产生空隙，又能和圆形的近似程度最好，正六边形最为理想。因此，用正六边形彼此邻接来覆盖整个无限通信区域时所需的基站个数最少，而覆盖的面积达到最大。由于正六边形构成小区形如蜂窝状，故称之为蜂窝移动通信系统。蜂窝，小蜜蜂的杰作，具备了用料最省、结构最牢固、体积最大的特点，人们都会情不自禁地感叹自然界的微妙。也许移动通信的网络设计者受此启发，借用了蜜蜂造巢的做法。

蜂窝小区的结构如图 1－10 所示。

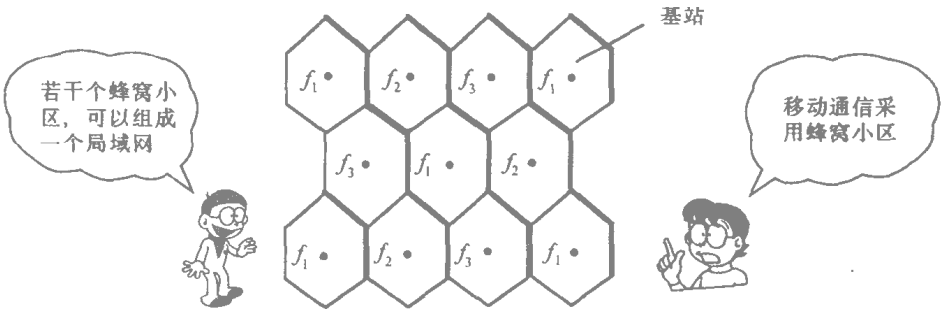


图 1－10　蜂房小区的结构图

由图可见，蜂房系统是由若干个蜂房小区组成，每一个小区被一个蜂房基地站控制，通常设在小区的中心。蜂房基站由小功率发信机、收信机及控制器组成。每一个基站分配有一组

频率(信道),如图中 f_1、f_2、f_3 是基站的公用信道频点，这三个频率交错使用而不互相邻接。由于发信机功率小因而传输半径小，可实现频率复用而不产生干扰。

3. 小区制的特点

(1)小区制的无线覆盖半径为 1km～30km,发信机的功率较小,一方面可以使互调干扰减小，另一方面可减少手机的体积和重量。

(2)无论是带状小区还是蜂窝小区,均可以采用频率(信道)复用技术,即相邻小区使用不同频率，而相隔一个或几个小区可重复使用相同频率。这种充分使用同一频率的技术，称作频率复用技术。频率复用技术大大地提高了频率利用率，扩大了通信用户容量。

(3)每个小区只需提供较少的信道数目就可满足通信的要求，由若干个小区可组成一个完整的大业务区，此区域可由移动交换中心统一控制，实现小区之间移动话机通信接续及与有线电话联系,形成通信网。

(4)蜂房小区划分带来的问题是：当移动台从一个无线区进入另一个无线区时，其通话不能中断，这称之为信道越区切换技术。此外还要及时知道移动台的动态位置，称为位置登记技术。这使得基站和交换中心设备复杂，必须具有越区切换和位置登记功能，这一技术问题已得到解决。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第 2 章　移动通信系统

【本章学习指导】

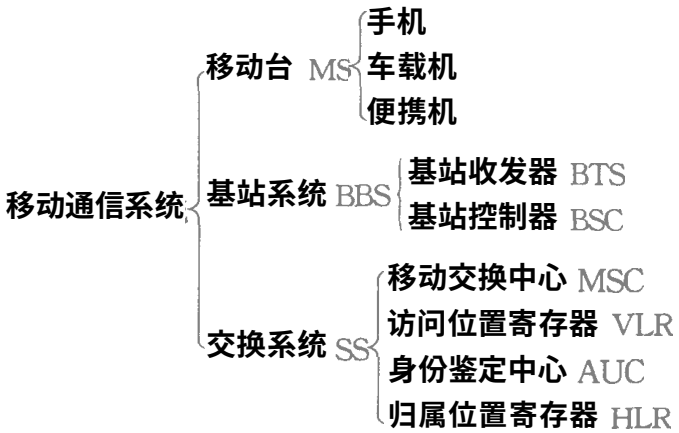
移动通信系统泛指移动通信“网络”。当今社会，网络是一个时髦的词语。因为网络神通广大，充满了神奇。

手机是移动通信网中的最小终端，手机的一切呼叫业务依赖于网络的支持，它不能离开网络而孤立地存在，因此读者有必要了解移动通信系统的基本情况和必要的知识点。在维修手机时,应根据故障现象,联想手机在‘网’中工作的物理情景。例如 对于不入网、无信号、通话掉线、不能接收等故障，只有了解手机在网中“活动”的情况，才能对故障分析有一个清晰的思路，克服维修中的盲目性，使维修能进入较高的层次。如果你对网中的情况一无所知，在分析故障时会感到有许多困惑。

本章介绍了移动通信系统的基本组成、移动通信系统中的信道、手机是如何进入信道的，……在学习时,可以充分发挥想象力,即使你把‘网络’美化得‘天衣无缝”,也不过分,反而加深了你对移动通信系统的理解。

2.1　移动通信系统的组成

一个移动通信系统包括基站系统 BBS、交换系统 SS 和移动台 MS,其组成如下：



各部分之间联系如图 2－1所示。

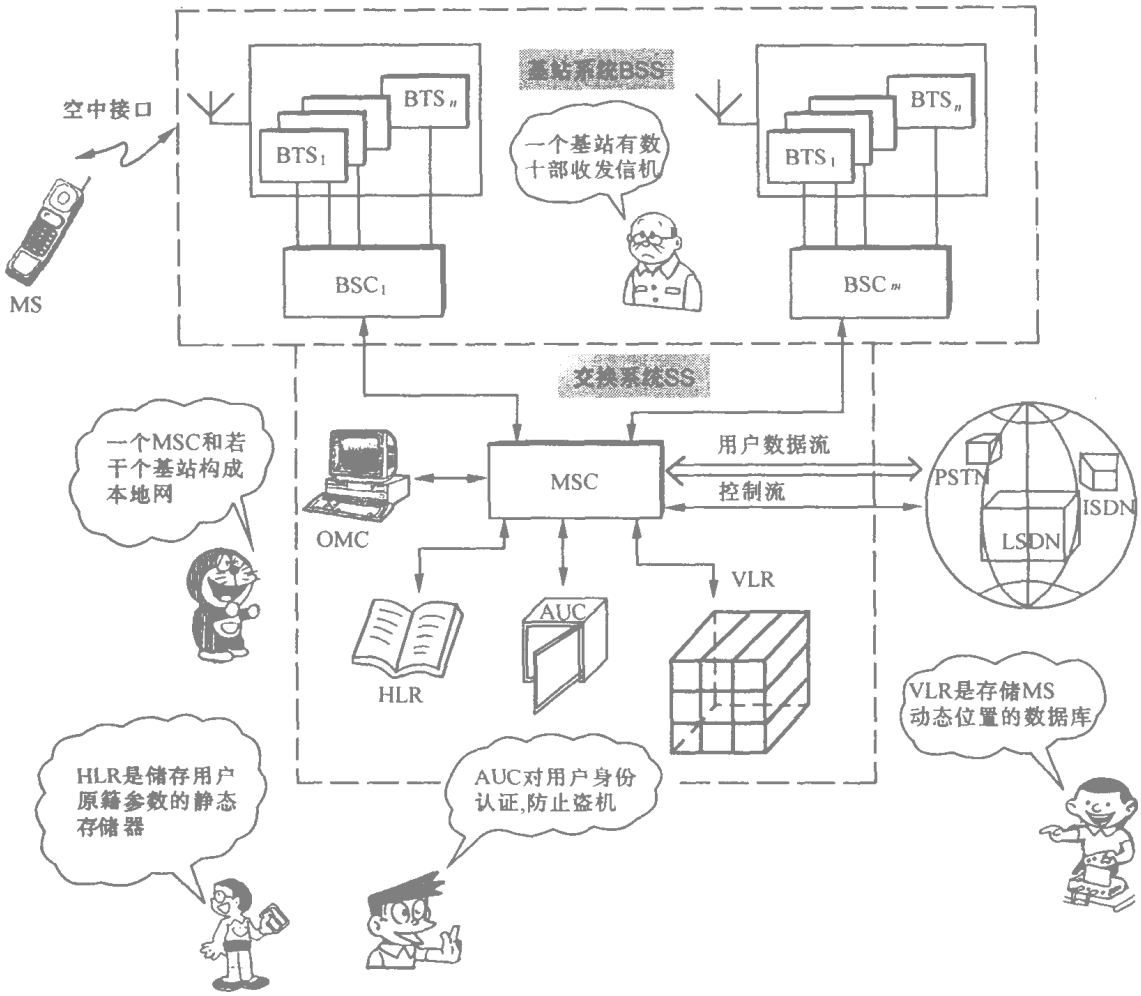


图 2－1　移动通信系统组成框图

2.1.1　移动台 MS

移动台包括车载台、便携台和手机。就目前情况看，便携台已不复存在，为手机所取代。车载台曾是移动通信起步时的产物，在 20 世纪 30 年代,移动台还很笨重,装在汽车里。现在，车载台虽然存在，但在社会上的拥有量很少，主要用于通信部门和军事上。因此移动台泛指手机。

手机是移动通信系统的最小终端，是系统中的最小成员。别看手机小，但社会上的拥有量多，技术含量高，因此手机是本系列丛书介绍的主要内容。

2.1.2　基站系统 BSS

基站的全称是基地台，它是一个能够接收和发送信号的固定电台，负责与移动手机进行通信。基站系统】BSS 包括基站收发器 BTS 和基站控制器 BSC。

1.基站收发器 BTS

它由若干小功率的收发信机组成，如从 $BTS_1 \sim BTS_n$ 。每一部收发信机都占着一对双工收发信道，这些收发信道称为话音信道或称业务信道 TCH。基站所拥有的收发信机的数量相当于有线电话的‘门’数。显然,基站拥有的收发信机越多,拨打手机的用户‘抢线’越容易。打个比方说 某基站拥有 50 部 BTS,说明可容纳 50个用户同时拨打电话,有一天,该地区举办商品交易会,来了许多代表,打手机的人自然多了起来,这就会造成抢不上线的情况。所以,在繁华的商业区，就要多设置一些基站收发器。

基站收发器还要设置一个广播信道 BCH，又称为控制信道。它不停地向手机发广播信息,包括：

(1)传送网络标号 MNC，手机收到此标号，识别它是否属于自己的网络，手机只有通过 BCH 入网。

(2)传送基站识别码，以便于手机在越区切换时能进行位置更新。

(3)传送频率校正信息 FCH，使手机的收发频率同步到基站的频率上。

(4)传送同步校正信息 SCH，使手机的收发信号的时序与基站的数据帧时序同步。

(5)传送寻呼信息 PCH,呼叫移动手机。

(6)传送基站的场强信息 RSSI，使手机能据此调整发射功率等级。

2.基站控制器 BSC

它是基站的智能控制部分，是由微处理器为核心组成的。它负责本基站的无线收发信机的运行、呼叫管理、为用户分配信道、进行通信接续。一个 BSC 可控制、管理数十个 BTS,因此 BSC是 BTS 的‘顶头上司’。

数十个 BTS 和一个 BSC 可以组成一个基站(BS),每个基站(BS)有一定的无线覆盖范围，即蜂窝小区。基站与手机之间是以无线方式传输信息，基站与基站之间，基站与交换系统之间则以光缆链路传输信息。

2.1.3 交换系统 SS

交换系统包括移动交换中心 MSC,访问位置寄存器 VLR、归属位置寄存器 HLR、设备号寄存器 EIR、身份鉴定中心 AUC、操作维护中心 OMC。

交换系统可以视为一个移动交换分局，其核心部分是移动交换中心 MSC。

1.移动交换中心 MSC

MSC是计算机控制的全自动移动交换系统。 MSC 与基站以光缆相连进行通信，一个 MSC可以管理数十个基站,并组成局或网,因此移动交换中心是基站的‘顶头上司’。 MSC 还和其它网络联接，如陆地移动通信专用网 PLMN、公用电话交换网 PSTN 和综合业务数字网 ISDN 联网运行。每个 MSC 都附有一个访问位置寄存器 VLR，同时连着归属位置寄存器 HLR、身份鉴定中心 AUC 和设备识别寄存器 EIR。

MSC 支持的呼叫业务是：

(1)本地呼叫、长途呼叫和国际呼叫。

(2)通过 MSC进行移动用户与市话、长话之间的联系，控制不同蜂窝小区的运营。

(3)支持手机的越区切换、漫游、入网登录和计费。

2.访问位置寄存器 VLR

它是一个用于存储来访用户位置信息的数据库。一个 VLR 通常为一个 MSC 控制区服务,也可以为几个相邻的 MSC 控制区服务。移动台 MS 的不断移动导致了其位置信息的不断变化,这种变化的位置信息在 VIR 中进行登记。例如:当 MS 漫游到新的 MSC 控制区时,它必须向该地区的 VLR 申请登记。VLR 要从该用户的 HLR 中查询有关参数,给该用户分配一个新漫游号码 MSRN,并通知 HLR 修改该用户的位置信息,准备为其它用户呼叫此用户时提供路由。可见,移动着的手机经常在 VLR 中进进出出,当其它小区的 MS 进入本小区时,VLR 对它进行登录;当 MS 离开本小区时,VLR 将该 MS 号码转到其它服务区。VLR 所存储的位置信息不是永久不变的,如果 MS 离开它的服务区,移动到另外一个 VLR 服务区时,该 MS 的位置信息将被原小区删除,因此 VLR 是个动态存储器。

3. 归属位置寄存器 HLR

HLR 是一种用来储存本地用户位置信息的数据库。当一个移动用户首次加入蜂窝系统时,必须通过 MSC,在该地的 HLR 中登记注册,把其有关参数存放在 HLR 中。登记的内容分为两类:一种是永久性参数,如用户号码 IMSI、移动设备识别码 IMEI、保密参数等,相当于用户的原籍参数;另一种是暂时性的需要随时更新的参数,即用户当前所处位置的信息。由于 HLR 存放用户的归属信息,称为归属位置寄存器,它属于静态存储器。这样做的目的是当呼叫一个不知处于那一地区的用户时,均可由该用户的原籍参数获知它处于哪个地区,进而建立起通信链路。

4. 身份鉴权中心 AUC

鉴权中心 AUC 的作用是可靠地识别用户的身份,只允许有权用户接入网络并取得服务。AUC 对每个用户都有一个认证参数,供 VLR 进行认证,手机的密钥存放在 AUC 中,防止未授权者窃取,避免被盗机和故障机进入网中。

5. 设备号识别寄存器 EIR

设备号识别寄存器 EIR 存放设备类型信息,每个手机都有一个国际移动设备识别码 IMEI,EIR 用来监视和鉴别移动设备,并拒绝非法移动台入网。

6. 操作维护中心 OMC

OMC 的任务是对全网进行监控和操作。例如系统的报警与备用设备的激活;系统的故障诊断与处理;话务量的统计和数据记录与传递;各种资料的分析与显示等。它还用于检测、诊断及显示系统故障,能通过自检预报即将发生的故障,并能自动做出反应,故障一旦发生,启动备用设备接替工作。

2.2 移动通信系统的空中接口特性

基站和手机之间有着最直接的联系,两者之间通过空中的电磁波交换信息,我们称这个空中通信路由为空中接口,或称无线接口。手机是空中接口的一端,基站是另一端。实际上基站可以看成一个“中介所”,亦可看成“传声筒”,这是因为两个手机通信必须通过基站。两个移动用户,即使离得很近,面对面地用手机通话,也要通过基站才能取得联系,这正是手机与对讲机的区别。空中接口除了传输语音外,手机的请求信号,MSC 的控制指令,也是通过基站从空中接口与手机取得联系,手机的许多行为是完全听命于空中接口传来的“圣旨”的。手机和基站的天线,在空中接口中起重要作用,无线电信号是通过天线才能进行接收和发射。手机通过空

中接口入网，取得系统的服务。

空中接口有这样几个特点：

1. 空中接口传送的信号是双向的，可以是手机发、基站收，称为上行链路或上行信号；也可以是基地发、手机收，称下行链路或下行信号。

2. 根据我国移动通信采取的制式，目前模拟移动通信和数字移动通信均采用 900MHz 频段。上行信号频段 890～915MHz，下行信号频段 935～960MHz。频段宽度 25MHz，上行信号和下行信号相隔 45MHz，也就是收、发间隔 45MHz。模拟制 TACS 系统的信道带宽 25kHz，数字制 GSM 系统的信道带宽 200kHz。如图 2－2 示出了 GSM 移动通信系统的频段、频带的示意图。

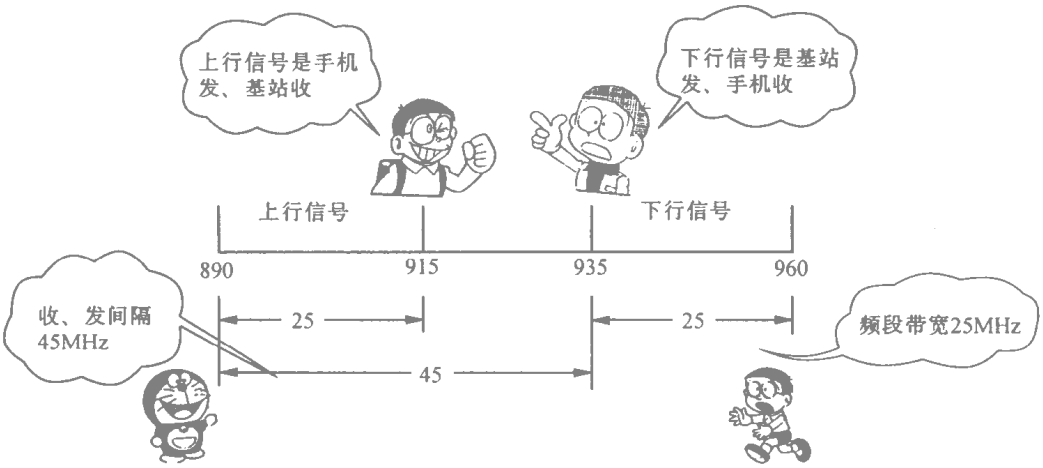


图 2－2　GSM 系统的频段、频带示意图

现在，我国正在兴建 DCS1800 频段进行通信的 GSM 网。适应 GSM900 和 DCS1800 两个频段工作的双频手机已投入使用，手机可在两个频段上根据信道质量的好坏自动切换。

3. 发射、接收的频率是成对出现的，通信过程中要使用一对双工信道。为方便，常将发射、接收信道编号，信道的编号称为绝对信道号 ARFCH，有关信道编号和信道频率见附录 A。

4. 空中接口的覆盖半径为 1～30km，也就是基站的覆盖范围，此覆盖范围与基站和手机发射功率和小区的分法有关。

5. 关于信号的调制方式，我国模拟移动通信系统为 TACS 制，其语音信号采用调频方式，控制信号(信令)采用最小移频键控 MSK 调制方式；数字移动通信系统为 GSM 制，其语音信号与控制信号均采用 MSK 调制方式，数字信号的传送速率为 270kb/s。但主载波仍采用调频方式。

关于移动通信的空中接口特性参见附录 B。

2.3　移动通信系统中的信道

2.3.1　信　道

信道也称频道和波道，英文缩写 CH。信道是通信双方传递信息的无线通道。由图 2－1

移动通信系统框图可见，每一个基站都设置多路收发信道，通信中，每一个手机都要占用一对收、发双工信道。信道除了传送语音信号外，还要传送控制信号。由于传输的控制信号类型较多，控制信道还可以继续细分。例如：传送同步信号就称为同步信道；传送呼叫请求信号就称为允许接入信道。为了说明问题方便，还引用了物理信道和逻辑信道的概念。通常，信道是以频点划分的,假设 f_n 是某一物理信道，但是，在这个物理信道上可能传送语音，也可能传送寻呼信息。于是，语音信道、寻呼信道就是该物理信道下的逻辑信道。可见逻辑信道是隐含在物理信道中。一个物理信道可包括多个逻辑信道，逻辑信道描述了一个物理信道在某一特定时刻的功能。通常，逻辑信道是以传送不同类型的信息而命名的。

2.3.2 GSM 移动通信系统中的信道

GSM 系统中的信道类型比较多,下面以 GSM 系统为例介绍各逻辑信道。GSM 系统中的逻辑信道可分为语音信道和控制信道两大类。控制信道也称为广播信道 BCH 语音信道又称为业务信道 TCH。

GSM 系统的信道可用图 2－3 表示。

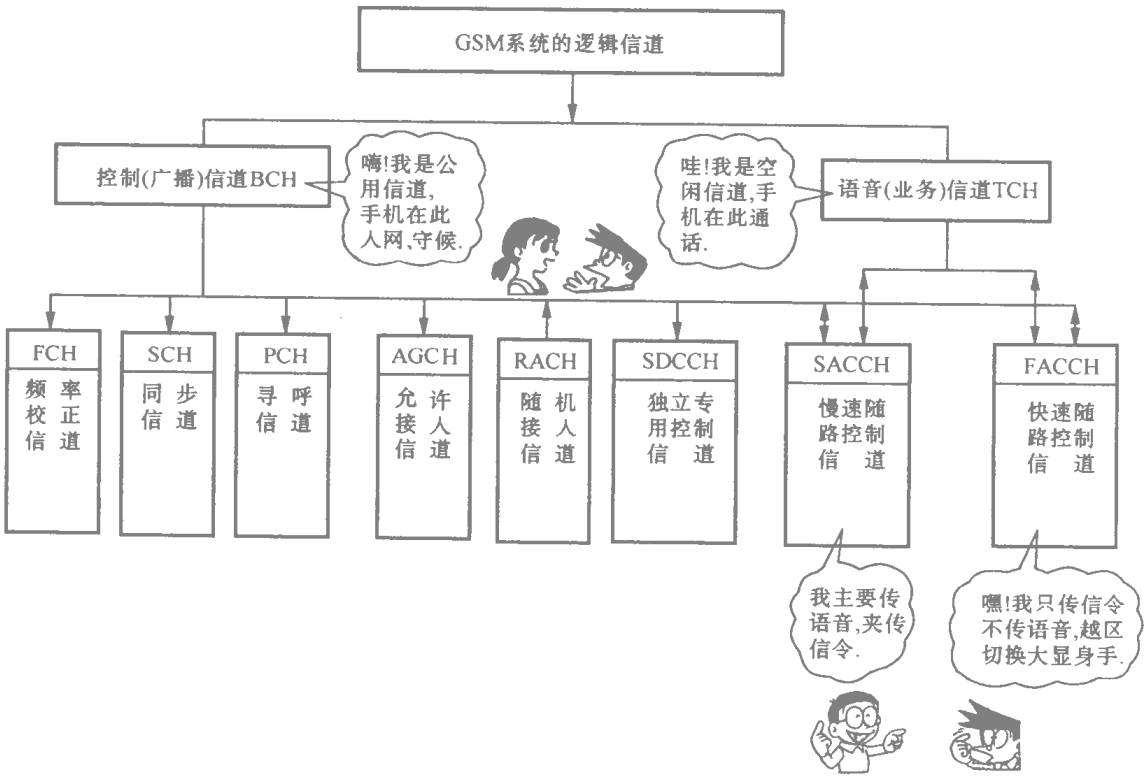


图 2－3　GSM 系统的逻辑信道

图中向上的箭头表示上行信号，向下的箭头表示下行信号，双向箭头表示上／下行信号。下面对各逻辑信道进行叙述：

1. 广播信道 BCH(下行)

广播信道 BCH 是个“大忙人”,也是‘消息灵通人士”。它每时每刻不停地发信号,它所发

需要全本请访问 www.ertongbook.com