

# 音视频信号传输中的数字调制技术

丁素英



我们知道，数字化时代音视频是人们用来传递信息、交流感情的主要方式。为了远距离传输这些信号，我们可以借助于无线电波。但利用无线电波通信时，需满足一个基本条件，即：欲发射信号的波长必须与发射天线的几何尺寸相比拟，该信号才能通过天线有效地发射出去。对于频率较低的信号来说，所需的天线尺寸很大，甚至有些不现实。因此，要想把低频率的音视频信号通过天线发射出去，我们可以将信源产生的原始低频率信号经过调制将其组合到更高频率的载波上。

## 1. 数字调制技术

数字调制一般指调制信号是数字的，而载波是连续波的调制方式。调制的过程就是按调制信号的变化规律去改变载波某些参数的过程。若正弦振荡的载波用  $A\sin(2\pi ft + \phi)$  来表示，使其幅度  $A$ 、频率  $f$  或相位  $\phi$  随调制信号而变化，从而就可在载波上进行调制。

数字幅度调制又称为振幅键控 (Amplitude Shift Keying, ASK)，即载波的振幅随着原始数字信号而变化，例如数字信号“1”用有载波输出表示，数字信号“0”用无载波表示，如图 1 (a) 所示。

数字频率调制又称为频移键控 (Frequency Shift Keying, FSK)，即载波的频率随着原始数字信号而变化，例如数字信号“1”用频率  $f_1$  表示，数字信号“0”用频率  $f_2$  表示，如图 1 (b) 所示。

数字相位调制又称为相移键控 (Phase Shift Keying, PSK)，即载波的初始相位随着原始数字信号而变化，例如数字信号“1”对应于相位  $180^\circ$ ，数字信号“0”对应于相位  $0^\circ$ ，如图 1 (c) 所示。

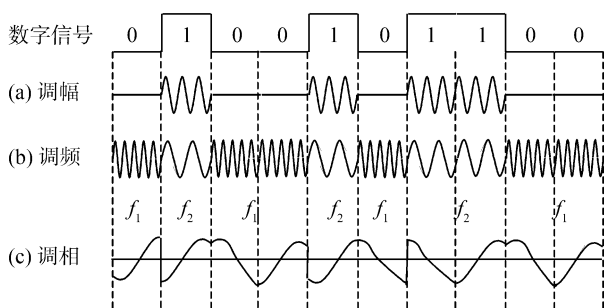


图 1 基带数字信号的调制方法

以上我们讨论了数字调制的三种基本方式：数字幅度调制、数字频率调制和数字相位调制。这三种数字调制方式是数字调制的基础。然而，这三种数字调制方式都存在某些不足，如频谱利用率低、抗多径衰落能力差、功率谱衰减慢、带外辐射严重等。为了改善这些不足，近几十年来人们陆续提出一些新的数字调制技术，以适应各种新的通信系统的要求。这些调制技术的研究，主要是围绕着寻找频带利用率高，同时抗干扰能力强的调制方式而展开的。现代数字调制技术主要有：正交振幅调制 (QAM)、四相移键控 (QPSK)、正交频分复用调制 (OFDM)、高斯滤波最小频移键控 (GMSK)、无载波振幅/相位调制 (CAP)、离散多音频调制 (DMT)、多电平正交幅度调制 (MQAM)、多电平残留边带调制 (MVSF) 及正交频分复用调制 (OFDM) 等。

## 2. 数字调制技术的应用

ADSL 调制解调器 计算机内所有信息是由“0”和“1”组成的数字信号，当然音视频信息也不例外。而电话线上传递的却只能是模拟电信号。于是，当两台计算机要通过电话线进行音视频信息传输时，就需要一个设备负责数字信号与模拟信号的转换。计算机在发送数据时，先由调制解调器把数字信号转换为相应的模拟信号，这个过程称为“调制”。经过调制的信号通过电话载波传送到另一台计算机之前，也要经由接收方的调制解调器负责把模拟信号还原为计算机能识别的数字信号，这个过程我们称“解调”。正是通过这样一个“调制”与“解调”的数字信号与模拟信号的转换过程，从而实现了两台计算机之间的远程通讯。

ADSL 是非对称数字式用户线路的缩写，是一种通过现有普通电话线为家庭、办公室提供宽带数据传输服务的技术。ADSL 调制解调器与传统的调制解调器一样，是使用电话网作为传输的媒介。当在一对电话线的两端分别安置一个 ADSL 设备时，利用现代频分复用和编码调制技术，就能够在这段电话线上产生三个信息通道：高速的

下传通道、中速的双工通道和普通的电话通道，这三个通道可以同时工作。也就是说它能够在现有的电话线上获得最大的数据传输能力，这样用户在一个电话线上打电话发送传真的同时，还可以享受 Internet(因特网)提供的多种服务，如视频点播、卡拉 OK 点播、网上游戏、交互电视、网上购物、异地办公、远程医疗、远程教学及实时观看体育比赛等。

在现有的较长的铜制双绞线（普通电话线）上传送数据，其对信号的衰减十分严重，而 ADSL 能够实现大的动态范围分离的通道，保持低噪声干扰，这是 ADSL 调制解调技术的一个奇迹。ADSL 的内部结构十分复杂，它主要采用了高级的数字信号处理技术和新的算法压缩数据，使大量的信息得以在网上高速传输。而它的连接方式却非常简单，如图 2 所示。一台计算机输出的数字音视频信号，经

ADSL 调制解调器的调制，变成适合电话线传输的音视频模拟信号，通过电话线传到电话交换网，再通过 ADSL 调制解调器的解调，还原出原有的数字音视频信号，输送到另一台计算机中。

目前被广泛采用的 ADSL 调制技术是 QAM(振幅正交调制)、CAP(无载波振幅/相位调制)和 DMT(离散多音频调制)。

**GSM 手机系统** GSM 是全球移动通信系统的缩写，是一种广泛应用于欧洲及世界其他地方的数字移动电话系统。目前，中国移动、中国联通各拥有一个 GSM 网。GSM 系统包括 GSM 900：900MHz、GSM1800：1800MHz 及 GSM1900：1900MHz 等几个频段。GSM 使用的是时分多址的变体，是目前三种数字无线电话技术（TDMA、GSM 和 CDMA）中使用最为广泛的一种。

GSM 手机通话原理框图，如图 3 所示。



图 2 采用 ADSL 的音视频信息传输

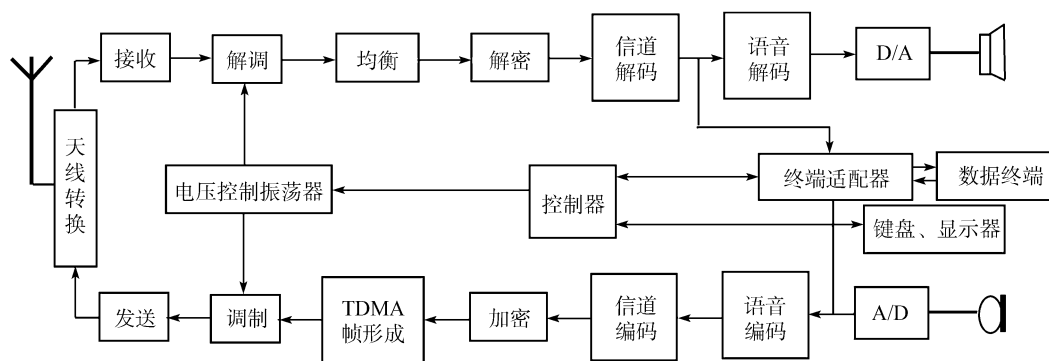


图 3 GSM 手机通话原理框图

GSM 手机从电路结构上可分为四个部分:无线部分、传输处理部分、接口部分和电源部分。无线部分包括天线回路、发送、接收、调制解调和振荡器等高频系统。发送通道的处理部分包括语音编码、信道编码、加密及 TDMA 帧形成。语音编码是将用户的话音通过麦克转化成电信号，这个电信号通过模数转换器转化成数字的、代表语音的 13Kbitps 的信息流。信道编码是为了检测甚至纠正传输期间产生的差错，在数据流中引入冗余码，通过从信源数据计算得到的信息来提高其速率，其结果是一个码字流。加密是通过仅由移动台和基站收发台知道的

加密方式修改这些信息块的内容。调制使用 GMSK（高斯滤波最小频移键控）调制技术，在适当时刻将数码信号转变为合适的频率的模拟信号；然后通过射频电路的处理，以无线电波的形式发射出去。接收通道的处理包括均衡、解密、信道解码和语音解码。其中解调是将无线电波被天线接收以后，接收机根据多址规则接收相应的信息，信号进行解调，结果为二进制信息块的序列。均衡是校正因复杂地形引起的无线电信号失真。解密是通过与加密相反的方法修改这些比特。信道解码是利用附加的冗余码，检测或纠正解调器输出中可能的差错，从解调

器的输出中恢复信源信息。语音解码是通过数模转换器将数字语音信息还原成模拟的语音信号。接口部分包括模拟语音接口、数字接口及人机接口三个部分。模拟语音接口包括 A/D、D/A 变换、话筒和扬声器，数字接口主要是数字终端适配器，人机接口主要有显示器和键盘。电源部分包括电池直接供电的电路和由电池供电通过专用集成电源转换成各路直流电压的电路。

当前倡导的第三代移动通信（简称 3G）是无线通信与国际互联网等多媒体通信结合的新一代移动通信系统。它能够处理图像、语音和视频等多媒体形式，提供包括网页浏览、电话会议和电子商务等多种信息服务，为手机融入多媒体元素提供强大的支持。

**数字电视系统** 数字电视（DTV）是将活动图像、声音和数据，通过数字技术进行压缩、编码、传输、存储，实时发送、广播，供观众接收、播放的视听系统。数字电视技术的优势在于更有效地利用各类频道资源，如在有线广播传输一套模拟电视的 8 MHz 频道内可以传输 6 套数字标准清晰度电视节目（它的关键技术是信源压缩和高效信道编码调制技术）；采用数字录像机和非线性编辑制作节目质量明显提高，数字电视节目易于存储处理；清晰度高、音频效果好、抗干扰能力强，数字电视信号的传输不像模拟信号受传输过程中噪声积累的影响，在接收端收看到的电视图像非常接近演播室水平；可开展多功能业务，随着电视传输和用户接收的数字化，以往用模拟方式无法提供的服务将成为可能，如电视网站、交互电视、股票行情与分析、视频点播等，用户将从单纯的收视者变为积极的参与者；数字电视网和因特网相辅相成，数字电视接收机完全可以作为因特网的终端显示器，将各家各户与因特网连接在一起，加快了社会信息化的进程。

数字电视系统的基本组成，如图 4 所示。按功能来分，它由 3 大部分组成：信源部分、信道部分和信宿部分。

信源部分包括信源（音频/视频）编码器和复用器。信源编码器对视频/音频信号进行压缩编码，在一定压缩率的前提下得到最高的解码图像质量；信源部分算法主要依照 MPEG-2 标准（或 MPEG-4 标准），视频编码器的性能对整个 DTV 系统的图像性能有决定性影响。发送端的复用器把音频、视频及

数据的码流通过打包器打包（这是通俗的说法，其实是数据分组），然后再复合成单路串行的传输比特流，送给信道编码器及调制器。信道传输部分包括信道编码与调制、发射机、传输媒质、接收机和信道解调与解码，其中传输方式可以是 CATV、卫星或地面。根据媒质的不同在信道传输部分中将会采取不同的信道编码和调制方式。信道传输部分对应有三类标准，地面广播、卫星广播和有线电视。由于地面广播信道的条件十分不理想，各种干扰和杂波使信号的差错率增加、业务质量下降，为了更有效地克服恶劣的环境，同时还支持移动接收，地面广播信道所采用的技术相对其他两类要复杂。信宿部分包括视频/音频解码器和解复用器。视频/音频解码器对已经压缩过的视频/音频信号进行解码，特殊格式的电影或音乐需要特定解码器来解码播放。接收端解复用器的工作原理与发送端复用器的工作原理正好相反。

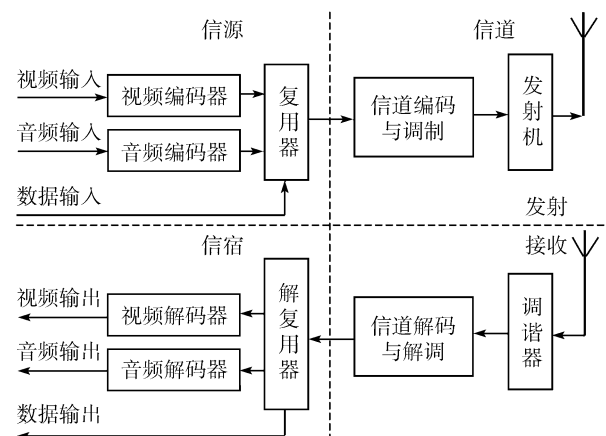


图 4 数字电视系统的基本组成框图

数字高清晰度电视的图像信息速率接近 1GB/s，要在实际信道中进行传输，除应采用高效的信源压缩编码技术、先进的信道编码技术之外，采用高效的数字调制技术来提高单位频带的数据传送速率也极为重要。

数字电视信号经信源编码及信道编码后，将面临信号传输，传输目的是最大限度地提高数字电视覆盖率，根据数字电视信道特点，要进行地面信道、卫星信道、有线信道的编码调制后，才能进行传输。由于在数字电视系统中传送的是数字电视信号，因此必须采用高速数字调制技术来提高频谱利用率，从而进一步提高抗干扰能力，以满足数字高清晰度



# 哈密顿动力学的优越性

林景波

偶然拜读了贵刊在 2006 年第 5

期中刊登的文章《哈密顿和哈密顿力学》后颇有感触，该文谈及了哈密顿动力学的优越性问题，为了能够让读者更为全面清楚地了解这一问题，本文将哈密顿动力学与拉格朗日动力学进行比较再进一步做一些补充和总结。

拉格朗日动力学用广义坐标  $q_\alpha$  和广义速度  $\dot{q}_\alpha$  描述力学体系的运动，它是以拉格朗日方程为基础建立起来的力学体系。而哈密顿动力学则用广义坐标  $q_\alpha$  和广义动量  $p_\alpha$  描述力学体系的运动，它是以哈密顿原理和哈密顿正则方程为基础建立起来的力学体系。把  $(q_\alpha, \dot{q}_\alpha)$  称为拉格朗日变量，而把  $(q_\alpha, p_\alpha)$  称为哈密顿正则变量（也简称正则变量），哈密顿动力学由于使用了正则变量，所以具有很大的优越性，现概述如下：

(1) 在哈密顿动力学中使用了正则变量  $(q_\alpha, p_\alpha)$  之后，给出了更多的变换变数的机会。当选取了适当的坐标变换时，就有可能得到更多的循环坐标，这对求解动力学问题具有实际意义。这是由于引入了广义动量作为正则变量，使得  $p_\alpha$  和  $q_\alpha$  处于对称和平等的地位， $p_\alpha$  同  $q_\alpha$  一样也起着独立参量的作用，从而使得坐标变换扩大到包括  $2s$  个独立变量  $q_\alpha, p_\alpha$  的变换。与之相比，在拉格朗日动力学中仅有广义坐标  $q_\alpha$  可以独立进行坐标变换。

(2) 由于拉格朗日微分方程组都是二阶的，从一般数学角度考虑，自然会产生能否把它降为一阶微分方程组的想法，而从物理角度考虑，拉格朗日函数所采用的独立参量是体系的广义坐标  $q_\alpha$  和广义速度  $\dot{q}_\alpha$ ，它们是描述力学体系状态的运动学参量，

不具有动力学性质，因此它们不能更深刻地反映物质运动状态的固有属性。而在哈密顿动力学中，广义动量  $p_\alpha$  包括了物体运动的固有属性——质量  $m$ ，所以广义动量  $p_\alpha$  比广义速度  $\dot{q}_\alpha$  更富有物理意义。由此可断定， $p_\alpha$  的表达式比  $\dot{q}_\alpha$  的表达式更具有理论价值。

(3) 拉格朗日动力学中，把循环坐标  $q_i$  又叫做可遗坐标，但在那里使用“可遗”的字样，并不真正是名符其实的。只有在哈密顿动力学中，循环坐标  $q_i$  才真正是可遗坐标。这是因为拉格朗日函数  $L(q_\alpha, \dot{q}_\alpha, t)$  虽然不含有循环坐标  $q_i$ ，但可以含有相应的广义速度  $\dot{q}_i$  这个变数，这仍然是属于  $s$  个自由度的问题。而在哈密顿函数  $H(q_\alpha, p_\alpha, t)$  中，不仅不含有循环坐标  $q_i$ ，而且所包含的相应的广义动量  $p_i$  是常数，可以说，这一个自由度已解出，只要把其它自由度解算完就可以了。因此，在哈密顿动力学中，循环坐标才真正是可以遗去的坐标。

(4) 从量纲上看，由拉格朗日动力学中的拉格朗日变量  $(q_\alpha, \dot{q}_\alpha)$  发展到哈密顿动力学中的正则变量  $(q_\alpha, p_\alpha)$  也是有优越性的，因为： $[q_\alpha, \dot{q}_\alpha] = [q_\alpha^2/t]$ ，而  $[p_\alpha, q_\alpha] = [Lt]$ 。前者的量纲要由  $q_\alpha$  的量纲来判定，后者的量纲与  $q_\alpha$  的量纲无关，总是“能量×时间”的量纲，“能量×时间”的量纲恰好是“作用量”的量纲，而量子论的量子化条件正是把作用量加以量子化了。哈密顿正则方程虽然是在经典力学范围内得到的，但在它使用了正则变量后，便能被应用到微观和高速领域中去，因此哈密顿动力学中的正则方程被认为是由经典物理学过渡到近代物理学的最方便的形式之一。

(吉林省延边大学理学院物理系 133000)

电视系统的传输要求。

目前国际上数字高清晰度电视传输系统中采用的调制技术主要有：四相移相键控 (QPSK)、多电

平正交幅度调制 (MQAM)、多电平残留边带调制 (MVSF) 和正交频分复用调制 (OFDM)。

(山东潍坊潍坊学院 261061)