

第 1 章 交换技术基础

1.1 交换的概念

通信作为信息产业的基础，在推进社会信息化进程中发挥着先导和带动作用。随着通信技术的飞速发展，通信新业务不断涌现，电话通信和数据通信已成为现代社会应用最广泛的信息交流方式，是人们日常生活和工作中不可缺少的一部分。

通信是指利用有线、无线的电磁系统或者光电系统，传送、发射或者接收语音、文字、数据、图像以及其他形式信息的活动。一个有效的通信，能够让用户不管在何时、何地都可与其用户互相传递信息。

为了实现一个有效的通信就需要采用交换技术。所谓交换，就是通过交换局的交换设备在通信网络大量的终端用户之间，根据用户的呼叫请求建立连接，相互传送语音、数据、图像等信息。任何一个主叫用户的信息，可以通过通信网络中的交换设备和传输设备发送给一个或多个被叫用户。

1.1.1 通信系统基本模型

传送信息所需的一切技术设备的总和称为通信系统。通信系统的基本模型如图 1-1 所示。

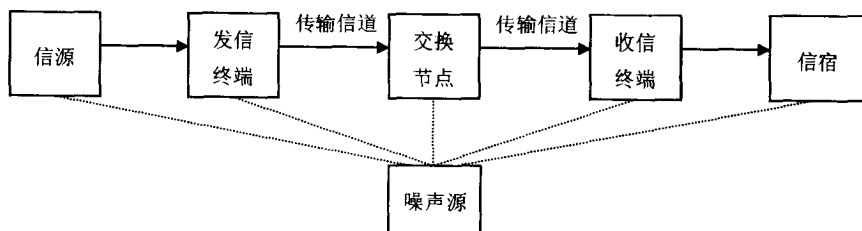


图 1-1 通信系统的基本模型

通信系统由以下几个部分组成：

(1) 信源和信宿

信源是指发出信息的信息源。根据信源输出信号的性质可分为模拟信源（如模拟电话机）和数字信源（如计算机）。模拟信源可通过抽样、量化和编码变为数字信源。

信宿是指信息传送的终端，即收信者。

(2) 发信终端和收信终端

发信终端用于将信源发出的信号变换成适合于在信道上传输的信号。收信终端完成与发信终端相反的变换。具有发信与收信功能的常见终端设备是调制解调器或数字信道传输设备。

(3) 传输信道

传输信道是指连接发信终端和收信终端之间的传输系统。按传输媒介不同可将传输信道分为有线信道和无线信道，如光纤通信使用有线信道传输，移动通信、微波通信使用无线信道传输；按传输信号形式不同将传输信道分为模拟信道和数字信道，如载波通信使用模拟信道传输，PCM（脉冲编码调制）通信使用数字信道传输。

(4) 交换节点

通信系统不仅要完成信息的传送，而且还要完成信息的交换。信息交换功能是由交换节点实现的，交换节点的主要设备是节点交换机，如电话通信系统中的程控数字交换机，数据通信系统中的分组交换机、DDN（数字数据网）节点机，宽带通信系统中的ATM交换机、帧中继交换机，光纤通信系统中的光交换机等。

(5) 噪声源

噪声干扰在实际通信系统中总是客观存在的，会造成有用信号的畸变，降低通信质量。外部的干扰和系统内部设备的噪声会在通信过程中产生杂音甚至串音。

1.1.2 交换节点的基本功能

当用户分布的区域较小时，可以设置单个交换节点，所有用户都连接到该交换节点的交换机上，由节点交换机控制任意用户之间的接续，如图 1-2(a) 所示。

当用户分布的区域较广时，就要设置多个交换节点，用户与就近交换节点的交换机相连，交换机之间通过中继线连接，如图 1-2(b) 所示。

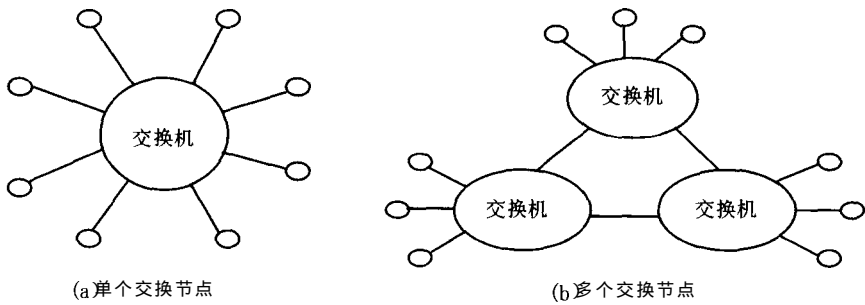


图 1-2 交换节点

交换节点一般具有控制、交换连接、接入等功能，具体来讲：

及时发现用户的接入请求、拨号接入 Internet 等。

根据用户请求通过交换机建立和拆除主、被叫之间的连接。

通过交换机的软件控制呼叫接续的整个过程。

根据用户的不同业务需求提供不同的交换业务，如转移呼叫、呼出限制等。

交换节点可以控制以下呼叫类型：本局呼叫、出局呼叫、入局呼叫和转接呼叫。本局呼叫是指本局用户之间的接续；出局呼叫是指本局用户与出中继模块之间的接续；入局呼叫是指入中继模块与本局用户之间的接续；转接呼叫是指入中继模块与出中继模块之间的接续。交换节点的功能是通过节点交换机的硬件和软件来实现的。

1.1.3 交换方式

交换技术从传统的电话交换技术发展到现在包括软交换在内的现代交换技术，其发展大致经历了人工交换、机电交换、步进制、纵横制、电子交换、程控数字交换、分组交换、宽带交换等阶段。交换方式主要有电路交换、分组交换和宽带交换。

1. 电路交换

电路交换的概念始于电话交换。传统电话网由传输线路、交换机和电话机组成，处于网络节点的电话交换机用来完成对主叫、被叫用户之间传输链路的选择和连接。一次长途电话呼叫建立一般需要经过发端局、转接局（汇接局）和收端局。交换机的作用是在主叫、被叫用户通话前根据信令将传输链路逐段连接起来，从而形成主叫至被叫的物理电路（一对实线、一个时隙或频段），通话结束时拆除该物理电路，这种交换方式称为电路交换方式。电路交换的基本过程包括呼叫建立、双方通话和电路释放 3 个阶段。

电路交换可分为模拟电路交换和数字电路交换（简称数字交换）。早期的步进制交换机、纵横制交换机采用模拟电路交换方式，称为模拟交换机；程控数字电话交换机采用数字电路交换方式，称为数字交换机。

电路交换具有以下特点：

实时交换。当主叫用户呼叫被叫用户时，应立即在主、被叫之间建立电路连接，如果没有空闲传输链路，呼叫就会失败。所以应配备足够的传输链路，使网络接通率达到规定值。

主、被叫通话期间独占一条物理电路，只要用户不发出释放信号，即使无信息传送，也要虚占物理电路。

对传送的语音信息没有差错控制措施。

电路交换的优点是延时小、实时性好，交换设备成本低。电路交换的缺点是网络资源利用率低、电路接续时间长、通信效率低。

2. 分组交换

分组交换源于数据通信，它解决了数据通信的通信线路资源共享问题。数据通信的特点一是业务的突发性，二是高度的可靠性，而对实时性要求不严格。分组交换方式是在传统的存储转发式交换的基础上发展起来的一种新型交换方式，其工作过程是分组终端将用户要发送的数据分割为定长的一个个数据分组，每个分组有一个分组头，用以指明该分组发往的地址，然后按顺序送分组交换网发送。

常用的分组交换技术有 X.25 低速分组交换技术和帧中继技术。

X.25 低速分组交换以 ITU-T X.25 协议为基础，是面向计算机的数据通信网，它由传输线路、分组交换机、远程集中器和分组终端等基本设备组成。处于网络节点的分组交换机完成路由选择和流量控制，各节点包括终端在内均具有查错和重发功能，可以在终端与终端、终端与计算机、计算机与计算机以及局域网之间建立可靠的数据通信连接，完成分组信息的传送和交换业务。其优点是传输可靠性高，适用于误码率较高的通路；缺点是协议复杂、时延大，分组长度可变，存储管理复杂。最高速率为 64 kb/s 或 64 kbit/s。

帧中继属于高速分组交换技术，又称简化的 X.25 技术。帧中继具有以下特点：

帧中继能够为用户提供简单的标准化接口。如 LAN 桥接器或路由器、前端处理机、分组

交换机和公用网之间的接口。

帧中继能够对用户信息流进行统计时分复用。可根据不同信息流动态分配带宽，提高了通信线路的利用率，减少了传输时延，适合突发性数据信息的传送。

帧中继网络对错误帧采取丢弃方式。帧中继技术把出错后的重传纠错功能留给用户终端处理，帧中继由于功能简化，从而提高了传输效率。

帧中继具有优良的带宽管理机制。帧中继网络为每个帧中继用户分配 3 个带宽控制参数：承诺突发量 (B_c)、超诺突发量 (B_e) 和承诺信息速率 (CIR) 同时每隔 $T_c = B_c / CIR$ 时间间隔对虚电路上的数据流量进行监视和控制。

由于帧中继的上述特点，故开展帧中继业务应具备以下两个条件：

一是采用光纤传输；

二是采用智能终端。

3. 宽带交换

宽带交换综合了电路交换和分组交换的优势，支持高速和低速的实时业务，是一种适合于通信的交换和复用技术。

宽带通信网络由光纤传输线路、宽带交换机和各种宽带接入设备组成。宽带交换机是宽带通信网络的核心，可分为宽带骨干交换机、宽带边缘交换机和宽带接入交换机。宽带交换是新一代的电信业务技术，主要包括 ATM 交换、宽带 IP 交换和光交换。

宽带网即宽带综合业务数字网 ($B-ISDN$)，ATM 被 ITU-T 定义为 $B-ISDN$ 的传送模式，也就是说在 $B-ISDN$ 中，采用的交换方式是 ATM。

ATM 交换是一种基于信元的交换技术。任何形式的信息输入 ATM 网络就会转换为信元 即信息通过 ATM 适配层分割成固定长度的信元 ($Cell$)。信元主要由信头和信息段两部分构成，共 53B (或 53byte) 其中信头为 5B 信息段为 48B。

IP 交换的思想是对用户业务流进行分类。对持续时间长、业务量大、实时性要求较高的用户业务数据流直接进行交换传输，用 ATM 虚电路来传输；对持续时间短、业务量小、突发性强的用户业务数据流，使用传统的分组存储转发方式进行传输。

IP 交换机将 IP 路由器与 ATM 交换机捆绑在一起。

光交换是宽带通信网最具潜力的新一代交换技术，光交换可省去光 / 电、电 / 光的交换过程，充分利用光通信的宽带特性。光交换是实现未来全光通信网络的基础，目前应用的主要是一种基于波长的光交换技术。

宽带交换具有以下特点：

适用于实时交换和非实时交换。

采用新的路由选择方法，如 ATM 交换中按信头标记选择路由。

支持不同速率的业务，可以是高速率，也可以是低速率。

支持多媒体通信业务。

适用于未来的通信网络。

宽带交换的优点是传输可靠性高、适用性强、传输效率高。宽带交换的缺点是设备价格贵、实现成本高。

1.2 通信网的概念

通信网是信息社会的基础设施，随着通信技术的发展、通信业务的增加，通信网的类型和结构也在发生变化。目前，我国通信网的数字化进程已基本完成，初步建立了一个现代通信网，现代通信网络正在向综合化、宽带化、智能化、个人化方向发展。

1.2.1 通信网的类型

1. 公用网与专用网

按区域和运营方式分为公用网与专用网。公用通信网是向社会公众开放的通信网。主要包括公用电话网和公用数据网。专用通信网是指机关、企业自建或利用公用资源在逻辑上建立一个仅供本部门内部使用的通信网，如用户小交换机（PABX）、虚拟用户交换机（Centrex）、校园网等。

2. 长途网与本地网

按服务范围分为长途网与本地网。

3. 电话通信网与数据通信网

按信息类型分为电话通信网与数据通信网。电话通信网包括公用电话交换网（PSTN）、公用陆地移动网（PLMN）、专用电话网、IP电话网。数据通信网包括基础数据网和IP数据网，其中基础数据网主要由公用分组交换数据网（PSPDN）、数字数据网（DDN）和帧中继网（FR）组成；IP数据网主要由IP骨干网、城域网和数据接入网组成。IP数据网实际上就是计算机通信网。

4. 业务网、传送网与支撑网

按技术层次分为业务网、传送网与支撑网。

业务网是指向用户公众提供通信业务的网络，包括固定电话网、移动电话网、IP电话网、数据通信网、智能网、综合业务数字网（ISDN）。

传送网是指数字信息传送网络，包括PDH传送网、SDH传送网和WDM传送网。由传输线路和传输设备组成的传送网是通信基础网络。

支撑网是指为业务网和传送网提供支撑的网络，保证通信网络的正常运行和通信业务的正常提供，包括No.7信令网、数字同步网和电信管理网。

1.2.2 通信网的基本构成

1. 通信网的基本结构

通信网的基本结构形式主要有网型网、星型网、复合型网、总线型网、环型网和树型网，如图1-3所示。

不同类型通信网的主要性能比较见表1-1。

2. 通信网的构成要素

通信网的构成要素包括交换系统、传输系统、终端设备以及实现互连互通的信令协议，即一个完整的通信网包括硬件和软件。通信网的硬件一般由交换设备、传输设备、通信线路、终端设备组成，是构成通信网的物理实体。

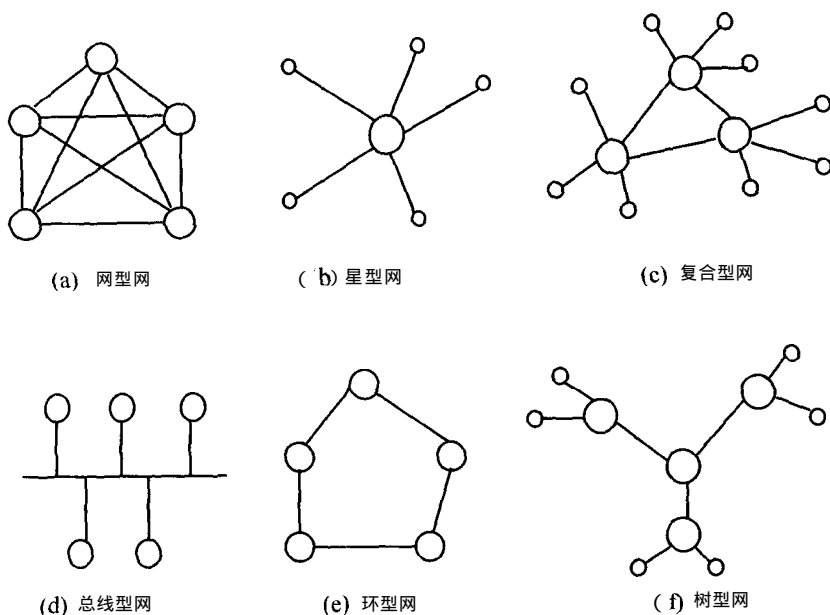


图 1-3 通信网的基本结构

表 1-1 不同类型通信网的主要性能比较

性能 项目 \ 通信网类型	网型网	星型网	复合网	环型网	总线型网	树型网
经济性	差	好	较好	好	较好	较好
稳定性	好	差	较好	较差	较好	较好
扩展性	较好	好	较好	差	很好	较好
对节点要求	高	高	较高	较高	低	较高
L 与 N	$L = N(N-1)/2$	$L = N-1$	—	$L = N$	$L = N+1$	—

注： L 为链路数， N 为节点数。

交换系统：交换设备是通信网的核心，它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、呼叫接续和分配。对于主要用于计算机通信的数据业务网，由于数据终端或计算机终端可有各种不同速率，同时为了提高传输链路利用率，可将流入信息流进行存储然后再转发到所需要的链路上去。这种方式称为存储转发方式，例如分组数据交换机就是这种交换方式。

传输系统：是信息传递的通道。它将用户终端设备与转接交换系统（节点）连接起来，形成网络。

终端设备：是通信网最外围的设备。一方面将用户要发送的各种形式的信息转变为适合于相关的电信业务网传送的电磁信号、数据包等；另一方面将通信网络中收到的电磁信号、符号、数据包等转变为用户可识别的信息。

通信网的软件是指通信网为能很好地完成信息的传送和交换所必需的一整套协议、标准，包

括通信网的网络结构、网内信令、协议和接口以及技术体制、技术标准等，是通信网实现电信服务和运行支撑的重要组成部分。

1.2.3 通信网的质量

直接反映通信服务质量和水平有两项指标：服务质量（非技术性）指标和通信质量（技术性）指标。其中通信网的质量可分为接续质量、传输质量与稳定质量。

对于电话通信网，接续质量包括接通率、掉话率、时延；传输质量包括响度、清晰度与逼真度；稳定质量包括系统的可靠性。对于数据通信网络，接续质量包括接通率、呼叫建立时延；传输质量包括传输时延、传输误码率；稳定质量包括网络的可用性。

1. 电话通信网质量指标

(1) 网络接通率

网络接通率是在忙时统计的用户应答、用户忙和用户久叫不应次数与总呼叫次数之比。

固定电话网：固定网内长途呼叫的接通率 $\geq 85\%$ ；固定网内本地呼叫的接通率 $\geq 95\%$ 。

移动电话网：网络接通率 $\geq 80\%$ 。

(2) 通话中断率

通话中断率（掉话率）是用户通话时，网络为其提供持续服务的能力。

固定电话网：通话中断率（掉话率） $< 2 \times 10^{-4}$ 。

移动电话网：通话中断率（掉话率） $< 5\%$ 。

(3) 拨号后时延

拨号后时延是用户拨号终了至网络送出回铃音、忙音或给出语音提示的时间间隔。

固定电话网：长途呼叫拨号后时延平均值 $\leq 6\text{s}$ ；本地呼叫拨号后时延平均值 $\leq 2.2\text{s}$ 。

移动电话网：移动用户拨打固定用户的拨号后时延 $\leq 15\text{s}$ ；

固定用户拨打移动用户的拨号后时延 $\leq 25\text{s}$ ；

移动用户拨打移动用户的拨号后时延 $\leq 30\text{s}$ 。

(4) 计费差错率

计费差错率 $\leq 10^{-5}$ 。

2. 数据通信网质量指标

(1) 传输时延

分组交换：分组传输时延是指从一个分组的最后一个比特进入网络的源节点开始，到该分组的第一个比特离开终点节点的时间。

帧中继：帧传输时延是指用户终端之间通过帧中继网传送信息所需的时间。

DDN 数据传输时间是指端到端单方向的数据传输时间，对 64 kb/s 的专用电路 $\leq 40\text{ ms}$ 。

(2) 帧丢失率

帧丢失率是指丢失的用户信息帧占有所有发送帧的比率。

(3) 残余错帧率

残余错帧率是指残余错帧占有所有接收帧的比率。

(4) 网络可用性

网络可用性是指端到端全网能提供无故障服务的时间占运行时间的百分比， $A = 99.99\%$

1.2.4 通信网的协议和标准

1.ISO/IEC

ISO/IEC(国际标准化组织/国际电工委员会) , 它是制定信息技术领域国际标准的机构。下设 19 个分技术委员会 (SC) 和 SGFS 等特别工作小组与相关工作组。另外它还有 4 个管理机构 , 执行标准制定过程中的管理任务。其有关的 SC 工作范围如下 :

① SC6 : 系统间的远程通信和信息交换。在远程通信和开放系统互连领域内 , 开展支持运输服务的 OSI 低 4 层 (物理层、数据链路层、网络层及运输层) 的系统功能、规程和参数以及其使用条件等方面的标准化工作。

② SC21: 开放系统互连 (OSI) 、数据管理和开放分布处理。

③ SC25 : 信息技术设备的互连。

④ SC26: 微处理机系统。

⑤ SC27: 信息技术的安全技术。

2. 国际电信联盟 ITU - T)

国际电联电信标准部门 (ITU - T) 在电信标准化领域保持着主导地位。 ITU - T 共有 15 个研究组 (SG)、1 个联合协调组 (JCG)、1 个部门间协调组 (ICG) 和 1 个电信标准顾问组 (TSAG)。15 个研究组所制定的电信标准以 A、B、C、D、E、F、G、H、L、I、J、K、M、N、O、P、Q、R、S、U、T、V、X 及 Z 系列等 24 个系列建议来表达。上述这些系列建议的内容概要表述如下。

A 系列 : 关于 CCITT 的组织和工作程序的建议。

B 系列 : 关于措词含义的建议。

C 系列 : 综合电信统计的建议。

D 系列 : 一般资费 —— 国际电信业务的资费和账务。

E 系列 : 电话网和 ISDN —— ① 运营、编号、路由选择和移动业务 ; ② 服务质量、网络管理和话务工程。

F 系列 : ① 电报和移动业务 —— 操作和业务质量 ; ② 远程信息处理业务、数据传输业务和会议电信业务 —— 操作和业务质量 ; ③ 报文处理和国家业务 —— 操作和业务定义。

G 系列 : ① 国际电话接续和电路的一般特性 ; ② 国际模拟载波系统 ; ③ 传输媒体特性 ; ④ 数字传输概况 ; 终端设备 ; ⑤ 数字网、数字段和数字线路系统。

H 和 J 系列 : 非电话信号的线路传输 —— 声音节目和电视信号的传输。

I 系列 : ISDN —— ① 一般结构和服务能力 ; ② 全网概貌和功能、ISDN 用户至网络的接口 ; ③ 网间接口和维护原则。

K 系列 : 干扰的防护。

L 系列 : 电缆及外线设备的其他部件的结构、安装及防护。

M 系列 : ① 一般维护原则 —— 国际传输系统和电话电路的维护 ; ② 国际电报、相比传真和租用电路的维护 ; 国际公用电路网的维护 ; 海事卫星和数据传输系统的维护。

N 系列 : 国际声音节目和电视传输电路的维护。

O 系列 : 测量设备技术规格。

P 系列 : 电话传输质量。

Q 系列 :①电话交换和信令的一般建议, ISDN 中业务的功能和信息流 ;②4号、5号6号和 No.7 信令系统技术规程 ;③R₁ 和 R₂ 信令系统技术规程 ; ④综合数字网和模数混合网中的数字本地交换机、转接交换机、组合交换机和国际交换机 ; ⑤各信令之间的配合 ;⑥1 号数字用户信令系统 (DSS1) 数据链路层⑦1 号数字用户信令系统 (DSS1) 网络层用户——网络管理 ⑧公用陆地移动网与 ISDN 和 PSTN 的互通 ;⑨公用陆地移动网移动应用部分和接口 ; ⑩与卫星移动通信系统的互通。

R 系列 : 电报传输。

S 系列 : 电报业务终端设备。

U 系列 : 电报交换。

T 系列 :①远程信息处理 (telematic) 业务的终端设备和协议 ;②智能用户电报各建议中的一致性测试规程。

V 系列 : 电话网上的数据通信。

X 系列 : 数据通信——业务和设施, 接口 ;②数据通信——传输、信令和交换 网络概貌 维护和管理安排 ;③数据通信网——开放系统互连 (OSI) 模型和记法表示, 服务限定 ; 数据通信网——开放系统互连 (OSI) 协议技术规程, 一致性测试 ;⑤数据通信网——网间互通, 移动数据传输系统, 网间管理 ; ⑥数据通信网——报文处理系统 (MHS);⑦数据通信网——目录 (也称号码簿)

Z 系列 : 功能规范和描述语言 (SDL) 使用形式描述方法 (FDT) 的标准 ;②SDL 用户指示 ; SDL 形式定义介绍 ;④SDL 形式定义静态语义学 ; ⑤SDL 形式定义动态语义学 ; ⑥ CCITT 高级语言 (CHILL);⑦人机语言 (MML)。

最近 ITU - T 开始了对 IP 相关标准化的研究工作, 从而确立了 IP 的主导地位。IP 技术具有良好的开放性, 可以支持丰富多彩的业务, 能够兼容各种应用系统, 适应了信息网络化的潮流。

1.3 电话通信网

1.3.1 固定电话网

固定电话网是目前覆盖范围最广、业务量最大的通信网络, 分为本地电话网和长途电话网。

1. 本地电话网

本地电话网是指在同一长途编号区内的网络, 由端局、汇接局、中继线、用户线和话机组成。其中 本地电话网中的汇接局负责汇接本汇接区的本地话务。

本地电话网用户之间的相互呼叫, 只需拨打本地电话号码, 为了保证本地电话网用户的通信质量, 本地电话网服务范围一般不超过 300km。本地电话网的建立, 打破了原有市话、郊区电话和农话的界限, 进行统一组网和统一编号, 从而可使组网更加灵活, 节约号码资源, 方便用户, 有利于电话通信的发展, 但在建立本

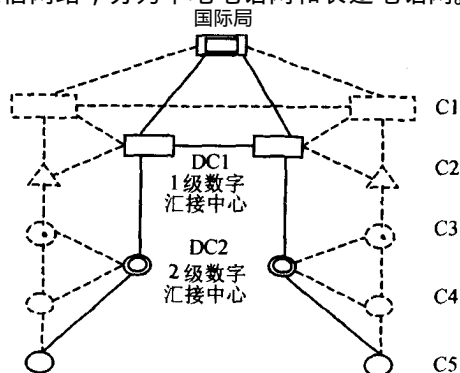


图 1-4 固定电话网等级结构

地电话网后，对不同区间的电话呼叫，在计费方式和费率上可以有所不同。

2. 长途电话网
我国原来的电话网分为 5 级，即由 C1、C2、C3、C4(长途汇接局)和 C5(本地网端局)组成，目前的电话网分为 3 级：DC1(C1、C2 合并)、DC2(C3、C4 合并)端局，目前我国固定长话网结构如图 1-4 所示。

1.3.2 移动电话网
移动电话网目前已是完全数字化的通信网络。移动电话网分为 GSM 移动网和 CDMA 移动网。GSM 和 CDMA 虽然是两种不同的技术体制，但 GSM 和 CDMA 构成的移动电话网结构是相似的。
我国移动电话网分为 3 级，即由 1 级汇接中心(TMSC1)、2 级汇接中心(TMSC2)和 MSC 组成。1 级汇接中心之间为网状网。移动电话网结构如图 1-5 所示。

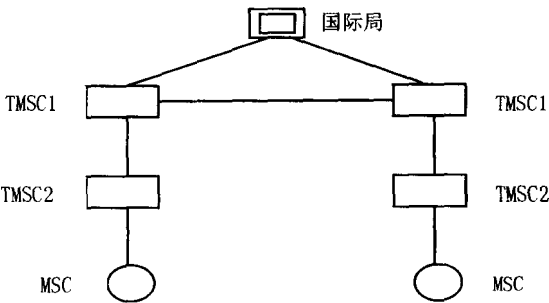


图 1-5 移动电话网结构

1.3.3 IP 电话网
1. IP 电话网结构
IP 电话是指在基于 IP 协议的 IP 网上通过 TCP/IP 协议实时传送语音信息的通信业务。最初的 IP 电话是利用 PC 机在 Internet 上实现的，称为 Internet 电话或 IP Phone。

传统的电话网是通过电话交换网传送电话信号。IP 电话是通过分组交换网传送电话信号。在 IP 电话网中，主要采用两种技术：语音压缩技术和语音分组交换技术。由于这两种技术的采用，IP 电话的通话收费低于传统电话的收费，因此，IP 电话受到了使用者和运营商的普遍关注。传统电话网一般采用 A 律 13 折线 PCM 编码技术，每条数字电路传输速率为 64 kb/s；IP 电话采用激励线性预测编码法、统计复用技术，平均每路电话实际传输速率仅为 4 kb/s，节省了带宽资源。IP 电话网由网关、网守（也称关守）、支持系统和终端等组成，如图 1-6 所示。

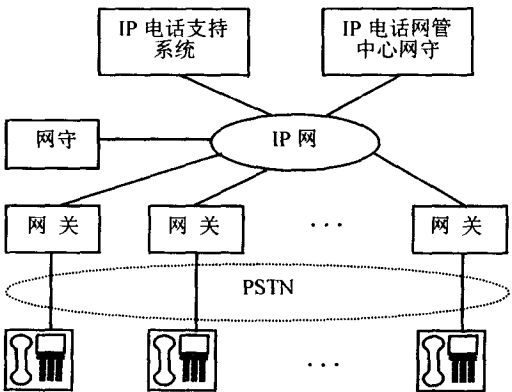


图 1-6 IP 电话网结构

(1)网 关

网关是 Internet 与其他网络 (PSTN、ISDN) 之间的接口设备。网关完成分组交换与电路交换 (或其他通信规程) 之间的协议转换, 支持模拟电话线、数字电话线、数字中继线和 PBX 线路; 完成语音压缩, 将 64 kb/s 的语音信号压缩成低速率的信号; 完成呼叫控制、寻址和信令转换; 具有 IP 网络接口和 PSTN/ISDN 的互连接口。

(2) 网守

网守是网关的管理者, 控制网关完成呼叫接续过程。网守完成用户数据管理; 计费数据收集、传送; 服务质量控制。网守可以独立设置, 也可以和网关共同设置。

(3) 支持系统

支持系统包括认证中心、计费中心、网管中心和业务中心。认证中心负责用户的身份验证及授权; 计费中心负责计费信息采集和处理, 产生话单; 网管中心负责设备的监控和维护; 业务中心负责业务管理。

(4) 终端

IP 电话终端可以是普通电话、ISDN 终端、PC 机及多媒体终端。

2. IP 电话原理

IP 电话原理是发送端将语音压缩处理, 按 TCP/IP 协议标准进行分割打包, 经过 IP 网络把数据包发送到接收端, 接收端再将 these 语音数据重新组合起来, 经过解压处理后恢复为原来的语音信号。

1.4 数字同步网

现代通信网分为业务网、传送网和支撑网。其中支撑网包括 No.7 信令网、数字同步网和电信管理网。支撑网用于保障业务网正常运行、增强网络功能、提高全网服务质量。

数字同步网是数字同步信息的分配网络, 一般可分为时钟同步网和时间同步网。

1.4.1 时钟同步网

随着通信网的发展, 数字网中运行的各种交换设备、传输设备和 No.7 信令网设备, 在数字信号的接收、复用和交换过程中都要求实现时钟同步。因为如果时钟不同步, 在两个数字通信设备的接口处就会产生数码流的重读或漏读现象, 这种现象称为滑码。滑码将影响通信质量, 会使电话通信出现杂音以及数据通信出现误码, 例如在程控数字交换机中滑码将产生两种破坏交换的情况: 输入速率大于输出速率, 将会使存储器溢出, 造成信息丢失或漏读; 输入速率小于输出速率, 将会使某些比特被重复读出。

数字通信中的时钟同步是指收、发两端的传输和交换速率及各种定时标志都保持一致。通过时钟同步网使数字网中的所有节点设备的时钟频率和相位偏差控制在规定的范围内, 保证网内各节点设备的数字流正确地传送和交换。时钟同步包括位同步、帧同步、复帧同步和网同步。

位同步是指通信双方的位定时脉冲信号频率相等符合一定相位关系。位同步是保证信号的接收、交换和复用过程顺利进行的前提。

帧同步是指通信双方的帧定时信号的频率相同且保持一定的相位关系。帧同步的作用是在同步复用的情况下, 能够准确区分每一帧的起始位置从而确定各路信号的相位位置并正确把它

们区分开来。帧同步是通过在信息码流中插入帧同步码来实现，帧同步码组是一组特定的码组，接收端利用检测电路来检测这一特定的码组并以此作为基准信号来控制本地的定时产生系统，使得接收设备的帧定位信号和接收信号的帧定位信号保持一致，即实现帧同步。帧同步是以位同步为基础的，只有在位同步的基础上才能实现帧同步。

网同步指网络中各节点的时钟信号的频率相等，也就是各个节点之间的时钟同步，从而在各节点实现帧同步。实现网同步的方法有准同步、主从同步和全同步。

准同步是指数字通信网中的各节点都设置独立的高精度时钟，互不控制，具有同一标称频率，频率的变化在规定的范围内。这种方法容易实现，但费用太高。

主从同步是目前得到广泛应用的方法，主从同步网是在交换局设立一高精度的基准时钟，通过传输链路把此基准时钟信号送到网中的各从节点，各从节点利用锁相环把本地时钟频率锁定在基准时钟频率上，从而实现网内各节点之间的时钟信号同步，如图 1-7 所示。

全同步是指全网设一组基准钟，全网所有数字通信设备的时钟都直接或间接同步于这一基准钟，各节点时钟之间采用主从同步。

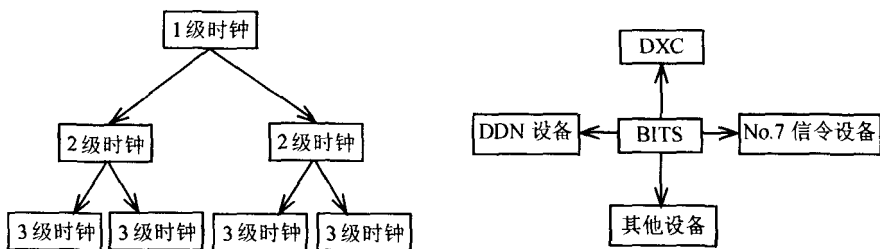


图 1-7 主从同步网及分配示意图

我国目前同步网的结构体制为分布式多基准钟的分区主从同步方式，即在全国设置若干个基准时钟，其标称频率相等，频率偏移限制在规定的范围内，以基准时钟为中心，将全域划分为不同的同步区，同步区内时钟节点采用主从同步，不同的同步区之间采用准同步方式。分布式多基准方式不仅提高了整个网络的可靠性，更主要的特点是缩小了同步区的范围，缩短了定时信号的传输距离，减少了信号的传输损伤，提高了精度和准确性。将来利用我国的卫星定位系统可以建立分布式多基准全同步网。我国数字同步网结构如图 1-8 所示。

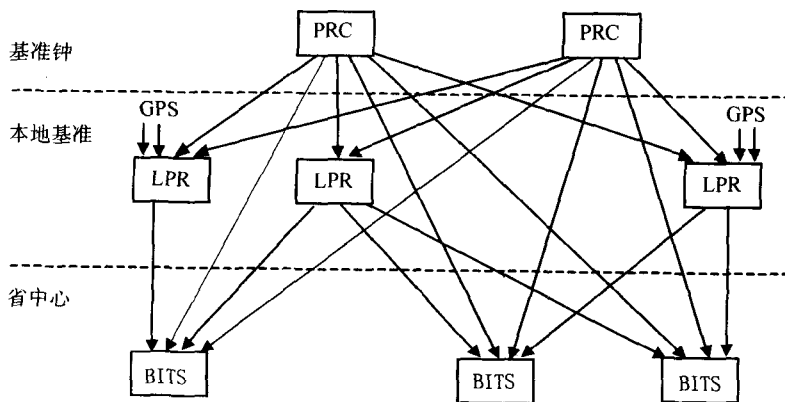


图 1-8 我国数字同步网结构

在北京和武汉设置两个铯钟，作为一级基准钟 PRC 互为备用。

各省中心设置一套受控于 GPS 或 PRC 的 LPR。LPR 有四路输入定时信号，其中两路来自 GPS 接收机，两路来自通过不同地面传输链路传送过来的基准信号，其中大区中心接收由铯钟提供的基准定时信号，边远省中心接收两路来自铯钟或其他就近提供的地面定时基准信号。

各省中心接收四路定时基准信号，它们来自就近的 PRC 或 LPR 同时省中心的 BITS 向省内其他通信节点供给定时基准信号。

我国数字同步网中的同步信号经 PDH 2Mb/s 专线或 PDH 2Mb/s 业务电路以及 SDH STM-N 线路传送。因 SDH 支路单元的相位调整将会引起定时信号相位的跃变，现阶段优先选择 PDH 传输电路传送定时信号，有条件时主传输链路采用 PDH 专线。

对传输系统的选择次序是：地下光缆传输系统、数字微波传输系统、架空光缆传输系统、对称电缆数字传输系统。

1.4.2 时间同步网

通信网各业务网络之间传送和交换着各种信息，如计费、维护等都是时间要求相当精确的，要求这些业务网络之间传递的消息以及网络中设备之间能在时间上保持高度一致。为了保持网络中设备时间的一致性，过去是维护人员使用人机命令对设备的软硬件时间手工进行修正，由于修改时参照的时间基准不同，使得整个网络在时间上无法同步。

时间同步是指交换机、数据设备的硬件时钟与国家标准时钟或格林威治时间一致，即通信网中有时间标记需求的各网元时钟使用同一个时间参照体（UTC），使网元的内部时间保持高度一致。

时间同步网就是为各网元提供 UTC 的专门网络。时间基准信息采用网络时间协议（NTP）通过专用计算机网络或公共互联网传送到各级 NTP 服务器和客户端设备。

NTP 节点之间的时间同步有两种方式 NTP 广播方式和 NTP 客户 / 服务器方式。

时间同步系统采用层次结构，如图 1-9 所示。

1 级 NTP 服务器就是具有 GPS 接收功能的服务器，距离时间参考源最近；路由器可以作为 2 级 NTP 服务器。

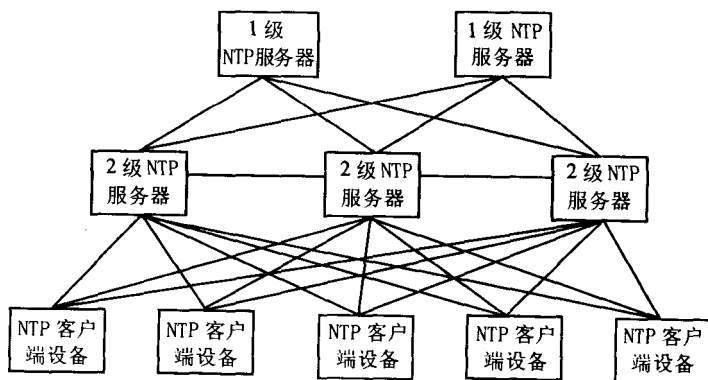


图 1-9 时间同步网结构

1.5 信令方式

1.5.1 信令的概念

为了在通信网中向用户提供通信业务，在交换机之间要传送以呼叫建立和释放为主的各种控制信号，这种以呼叫控制为主的网络协议称为信令。

在一个通信网中的信令传送包括三个方面：一是把来自主叫和被叫的状态及号码信息传送给交换机；二是交换机内部的信令传送；三是在交换网上传送信令信息。通信网的信令设备应完成监视、选择和运行 3 种功能，监视和选择功能可以完成呼叫处理，运行功能可以实现网络管理。

信令方式简单地讲就是指信令的种类、形式和传送方式。

按信令工作区域可分为用户线信令和局间信令。按信令技术可分为：①随路信令（CAS）方式，这是传统的信令技术；②公共信道信令（CCS）方式，包括 ITU-T No.7 信令（欧洲）和 ANSI No.7 信令（北美）。

1.5.2 用户信令方式

用户线信令是用户和交换机之间的信令。用户线信令包括 ①用户向交换机发送的监视和选择信号；②交换机向用户发送的语音信号和铃流等信号。

根据用户线上传送信号的形式可分为模拟用户信令和数字用户信令。

1. 模拟用户线信令

模拟用户线信令是指在模拟用户和交换机之间用户线上传送的信令。用户线状态信号是指主、被叫用户的摘、挂机信号，交换机通过数字逻辑电路来检测模拟话机叉簧控制直流回路的断开或闭合，从而确定用户的摘、挂机状态。选择信号是指主叫所拨的被叫号码地址信号，对于脉冲拨号方式用户线上传送的是直流脉冲信号，对于双音频拨号方式用户线上传送的是用两个四中取一的音频组合信号，共组成 16 个 DTMF 信号。音信号包括拨号音、忙音、回铃音、各种通知音等，另外还有铃流信号。

2. 数字用户线信令

数字用户线信令方式是指在 ISDN 用户和交换机之间用户线上传送的信令。包括 1 号数字用户信令（DSS1）和 2 号数字用户信令（DSS2）。

DSS1 用于 N-ISDN 由 D 信道传送，也称为 D 信道信令。DSS1 由 3 层协议组成：物理层、数据链路层和呼叫处理层。其中：DSS1 数据处理层采用基于 LAPD 的帧结构控制过程，协议标准为 Q.921 建议，称为 Q.921 信令；DSS2 呼叫处理层采用基于信令消息的控制过程，协议标准为 Q.931 建议，称为 Q.931 信令。例如 SETUP 消息用于请求呼叫建立，即建立 B 信道连接。

1.5.3 局间信令方式

局间信令是在交换机中继线上传送的信令，局间信令方式按信令技术可分为随路信令（CAS）方式和公共信道信令（CCS）方式。

1. 随路信令方式

随路信令(CAS)方式是指信令和语音在同一条通路上传送的信令方式。信令主要用于建立用户之间的连接即对某一信道而言在电路建立前传送的是信令在电路建立后传送的就是语音。随路信令方式包括线路信令和记发器信令。

(1) 线路信令

局间线路信令的作用是监视局间中继线的呼叫状态。如示闲、占用、占用证实、应答、拆线等。在模拟信道上传送模拟线路信令，在数字信道上传送数字型线路信令，适用于 PCM 中继电路。线路信令按传输方向不同分为前向信号和后向信号。

我国采用 PCM 30/32 系统，数字型线路信令在 TS_{16} 按复帧抽样集中传送。其中每个话路的两个传输方向各有 a、b、c、d 4 个比特，可供线路信令编码。考虑目前我国电话通信网线路信令的容量 启用 a、b、c 三位码 前向信令为 a_f, b_f, c_f 后向信令为 a_b, b_b, c_b ，未用比特置为“1”如空闲为 1011 占用为 0011。

局间线路信令一般没有检错能力，通常采用“逐段识别，校正后转发”的信号传送方式。

(2) 记发器信令

局间记发器信令是电话接续的控制信号，如选择路由、选择被叫用户等。我国采用多频互控(MFC)记发器信令 分为前向信令和后向信令 采用多频编码、连续互控、端到端的传送方式。前向信令为 1 380Hz、1 500Hz、1 620Hz、1 740Hz、1 860Hz、1 980Hz 的高频群，按六中取二编码，最多有 15 种；后向信令为 1 140Hz、1 020Hz、900Hz、780Hz 的低频群，按四中取二编码，最多有 6 种。多频记发器信令的种类和基本含义如表 1-2 所示。

表 1-2 记发器信令的种类和基本含义

前向信令				后向信令			
组别	名称	基本含义	容量	组别	名称	基本含义	容量
I	KA	主叫用户类别	15	A	A 信号	收码状态和 接续状态的 回控证实	6
	KC	长途接续类别	5				
	KE	长-市,市-市接续类别	5				
	数字	数字 0~9	10				
II	KD	发端呼叫业务类别	6	B	B 信号	被叫用户状态	6

表 1-2 中的后向 A 组信令包括 $A_1 \sim A_6$ 其中 A_1, A_2, A_6 信令称为发码位次控制信号，控制前向数字信号的发码位次 A_3 信令表示被叫号码接收完毕，转至 B 组信令的控制信令 A_4 信令表示被叫忙或机键拥塞； A_5 信令表示用户所拨的是空号。

MFC 传送过程分四拍进行：

第一拍：发端局发前向信号。

第二拍：收端局接收、识别这个前向信号后，发送一个后向信号。

第三拍：发端局接收、识别这个后向信号后，停发前向信号。

第四拍：收端局识别前向信号已停发，停发后向信号。

局间记发器信令也可采用多频脉冲(MFP)记发器信令。MFC 比 MFP 传送可靠，但传送速度比 MFP 慢。记发器信令经过多段电路时，其传送方式有 3 种：逐段转发方式、端到端方式和混合

方式。我国的带内多频记发器信令采用混合方式，或者说基本上采用端到端的传送方式。

2. 公共信道信令方式

公共信道信令 (CCS) 方式即共路信令方式是指信令通路和语音通路分离，信令通过专用的信令链路 (简称 CCS) 传送的信令方式。目前我国通信网中广泛采用的是 ITU-T No.7 信令方式。

No.7 信令方式是一种在国际上通用的、标准的公共信道信令系统。在实际应用中，一条 CCS 可控制几千条中继线。No.7 信令方式有如下特点：①最适用于数字交换设备和数字传输设备所构成的数字通信网；②能满足现在和将来通信网的发展要求；③提供可靠的差错控制方法。No.7 信令方式是通信网向综合化、智能化方向发展不可缺少的基础。

有关 No.7 信令的详细内容见本书的第 3 章。

1.6 计费方式

通信企业在向广大客户提供通信服务的同时，根据国家规定的资费标准和客户的使用情况按时向客户收费。

1.6.1 概述

计费方式主要是指计费种类、基本计费数据和实现计费功能的设备。交换系统的计费功能包括计费分析、计费产生、计费收集和计费记录输出。从技术的角度看计费种类主要分为汇总计费和详细账单计费。

1. 计费参数

呼叫过程中的计费产生取决于计费控制数据即计费参数，包括计费分析、记录和产生点；计费起始、结束点、计费标识、计费方式、费率、计费表类型等参数。

计费分析、记录和产生点用于指示计费分析、记录和产生在哪里完成，有以下几种情况：①在本局分析；②在高端局分析；③在低端局分析；④智能网计费在 SCP 中分析。

计费起始点一般固定设置为被叫应答，即被叫摘机后开始计费，也可以设置为送拨号音、振铃等；计费结束点一般固定设置为前向释放，即主叫挂机后停止计费。

计费标识也称计费选择，用于定义是否计费。

2. 费率

费率是定义呼叫过程中记录计费信息规则的总称。费率由计费方法、起始脉冲数、周期脉冲数和计费周期构成。费率表包括费率定义、时间调派和日历表类型，交换系统中的费率表分为主用费率表和备用费率表，主用费率表是指当前被激活、正在使用的费率表，备用费率表在一般情况下应和主用费率表保持一致。

费率组和费率标识：用 GP&ID 表示，如 1&2 其中 GP=1 表示费率组 1，ID=2 表示费率标识 2。在 S1240、EC74 中最多有 64 个费率组，每个费率组中最多有 32 个费率标识。

计费周期是指基本计费时间，目前我国固定网内长途电话的基本计费时间是 6s (原来是 1min)；市内电话的基本计费时间是 1min (原来是 3min) 首次计 3min。

1.6.2 计费方式

通信网中的计费方式主要有：市话计费方式、长途计费方式和立即计费方式。

1. 市话计费方式

市话计费方式也称为 LAMA 计费，用于市内电话通信时，采用汇总计费 Bulk Billing 的形式，即使用 Meter 表计费，也称简式计费。这种计费在用户通话期间，采用脉冲计次方式，将计费脉冲在主叫用户的汇总计数器中累加，称为累计计次计费方式。一般包括以下几种计费方法：单位计费(UNF)； 同步计费(SYN)； 单位同步计费(UNFSYN)； 单位卡尔森计费(UNFKAR)； 准卡尔森计费(UNFPKAR)。各种计费方法如图 1-10 所示。

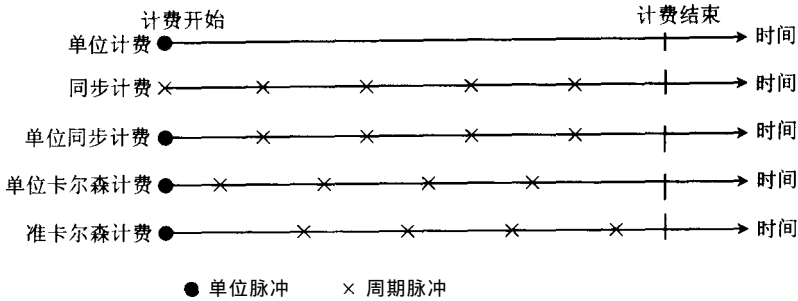


图 1-10 计费方法

在我国电话网中，主要采用单位同步计费(UNFSYN)。这种计费方法在计费开始时记录一定数量的脉冲数，以后间隔周期时间记录周期脉冲。

在 S1240 EC74 交换机中，每个用户均有 4 个长度为 2Words 的 Meter 表 称为汇总计数器 分别用于市话、特服、农话、新业务计费。市话计费方式的计费点在发端市话局或者长市合一局。在一些本地网呼叫时，根据需要也可以在市话局实现详细账单计费。

2. 长途计费方式

长途计费方式也称为 CAMA 计费，用于长途电话通信时，采用详细帐单计费 Detailed Billing) 的形式。采用这种方式计费的呼叫，在呼叫结束时产生一张详细计费帐单，其中包括主叫用户号码(或入中继线标识)、被叫用户号码(或出中继线标识)、通话日期、计费开始时间、计费结束时间、通话时长等信息。长途计费方式的计费点在发端长途局或者长市合一局。

目前，我国智能网呼叫计费由 SCP 控制完成。SSP 在 SCP 的控制下完成部分计费功能，在 SSP 中可以定义相应的计费记录器。

需要特别注意的是不同类型的呼叫有不同的帐单类型，目前我国共定义了以下几种详细帐单类型 ①用于 IDD/DDDD 呼叫的详细计费观察帐单；②智能网帐单；③测试用帐单；④溢出帐单；⑤ISDN 或 BCG 帐单；⑥立即计费帐单；⑦资费分摊帐单。

3. 立即计费方式

立即计费方式主要用于公用电话和计帐电话卡呼叫，也可用于 BCG 用户和 Centrex 用户。立即计费可以由电话交换机或智能网设备完成，例如外接计费器的公话用户和 IC 卡公用电话用户呼叫时，由电话交换机完成立即计费；持有 200 卡、300 卡的用户呼叫时，由智能网设备完成立即计费。