

第 3 章

电话通信网

作为最早的通信网络,电话通信网自从 1876 年 A. G. Bell 发明电话以来,已经历了 100 余年的发展过程,是遍布全球的最大的通信网络,也是通信网的主体。因此,无论是研究者还是商业厂家都对其投入了极大的人力和财力,进行网络理论的研究和设备的投资。电话通信网中许多成果和经验直接或间接影响到其他网络的产生和发展,电话通信网的基本理论包含着通信网络中的许多基本概念。

电话通信网包括采用电路交换方式的传统固定电话网、采用分组交换方式的 IP 电话网和具有无线传输的移动电话网。本章主要以传统的电话业务(Plain Old Telephone Service, POTS)为主,讨论电话通信网(以下简称电话网)的基本结构、信令系统、选路方式及传输规划,最后简单地介绍 IP 电话网和移动电话网的基本概念。

3.1 固定电话网

采用电路交换方式的传统固定电话网(以下简称电话网)中的用户,主要通过用户环路(Subscriber Loops),以模拟方式接入到电话网的端局,用户环路部分也称为电话网的接入部分。除了接入网以外的部分,则称为电话网的核心网,核心网是电话网内较为复杂的部分,本节只讨论核心网部分。

3.1.1 电话网的结构

电话网的结构可从层次、拓扑和等级 3 个方面来描述。

1. 电话网的层次结构

近几年来,随着网络技术的发展,电话网的许多功能,如电路交换功能、电路传输功能、信令功能等其他一些辅助功能都以相对独立的形式出现,相继构造并形成了有针对性的网络。从功能性角度出发,这些分立的网络构成了一种层次结构,这种层次结构可用图 3.1 所示的层次结构模型来描述。

电话网中的传输网和交换网也称为基本网,信令网、同步网和管理网称为辅助网或支撑网。

在传输网内,交换机之间的中继电路,并不一定是由一条端到端的物理链路构成,不一定只经过一条传输路径,也不一定只服务于电话交换网,有可能同时为其他通信网(如

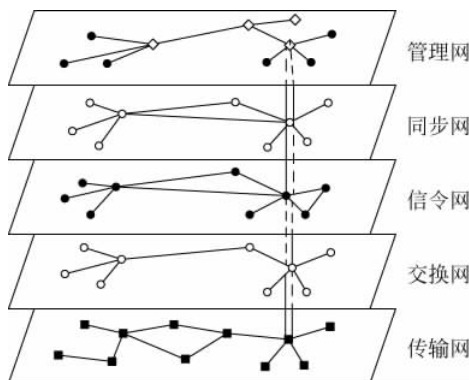


图 3.1 电话网的层次结构模型示意图

ATM 网络、分组交换网等)提供服务。

信令网为交换机提供信令转送服务,多数的信令网节点与交换网节点处于同一地理位置(甚至是同一物理设备的不同部分)。当然也可独立存在于交换网的节点设备或系统,信令网一般指公共信道信号网。同步网也是随着网络的数字化而引入的网络。管理网更是近几年才出现的一种辅助网络。

然而,这些辅助网的引入以及层次化的网络结构,使通信网(包括电话网)具有更好的灵活性和可扩展性。有利于通信网的发展和演化需要,当然也有不利的因素,那就是使用的结构复杂度增加,好在随着网络技术的发展,网络在处理复杂度方面的能力也在不断提高。

2. 电话网的拓扑结构

在通信网中,节点之间相互连通的方式多种多样,忽略节点的空间位置以及连接链路的空间走向和几何长度,电话网所表现出来的几何性质,即为拓扑结构。

通信网经常采用的拓扑结构有网状网、星状网、复合状网、总线状网和树状网等,电话网除用户环路部分外,以网状网、星状网和复合状网为主体。具体结构见图 1.1~图 1.3 所示。

3. 电话网的等级结构

在各个国家电话网都是覆盖全国的网络,一般分为本地网和长途网。本地网与长途出口局之间一般以星状结构相连接。而不同地区的长途局之间拟以网状网结构连接。但对于像我国这样具有广阔地域范围的国家,如果将长途局都以网状网连接,无论是从成本还是从管理等角度都是不合理的,因此通常是在地域相对集中的中心地域,设立高一等级的长途汇接中心,汇接中心以星状连接各长途局,而若干高等级的长途中心仍以网状网结构连接,这种具有嵌套式结构的电话网称为电话网的等级制结构。显然,这种等级制结构可以提高通信资源的利用率,降低网络建设、运营和维护成本。

1) 电话网等级分类

根据 ITU-T 的有关建议,交换局最多分为 5 个等级,从高至低依次为一级交换中心(C1 局)、二级交换中心(C2 局)、三级交换中心(C3 局)、四级交换中心(C4 局)和端局(C5 局),有的国家采用 4 级制,我国采用 5 级制,传统的 5 级制电话网等级结构示意图如图 3.2 所示。端局组成本地网,可以设立汇接局(Tm),以汇集或疏通本地话务。

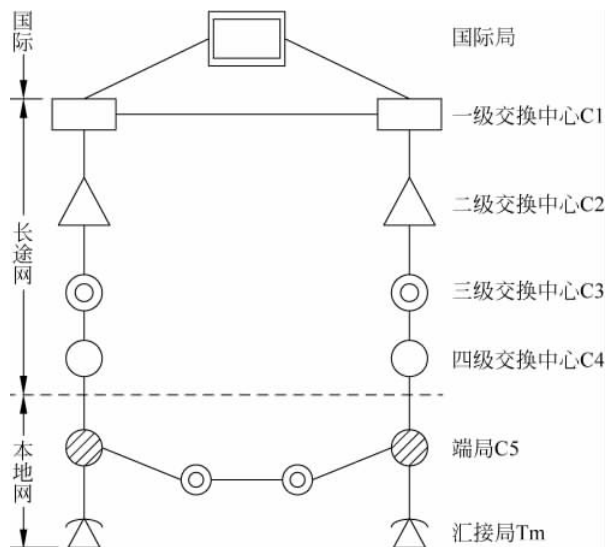


图 3.2 电话网等级结构示意图

2) 长途网

我国长途电话网由 C1、C2、C3、C4 等 4 级长途交换中心组成,为逐级汇接网,C1 为一级长途交换中心,全国共设 8 个,它们之间以网状网连接。C2 为二级长途交换中心,设在各省省会城市,全国共有 31 个。C3 为三级长途交换中心,设在各地区城市,全国大约有 350 多个。C4 为四级长途交换中心,是长途自动交换终端,设在全国各县城,全国大约有 2200 多个。C2、C3、C4 之间一般为逐级汇接方式连接。

3) 本地电话网

本地电话网是指在同一长途编号区内,由若干个端局或者由若干个端局和汇接局及局间中继、城市中继、用户线、话机等所组成的电话网。一个本地电话局只能有一个长途区号,本地网内用户采用统一编号,彼此之间的呼叫无须拨长途区号。

本地电话网为两级基本结构,是由汇接局 T_m 和 C5 端局两个等级的交换中心组成的,其网络结构如图 3.3 所示。

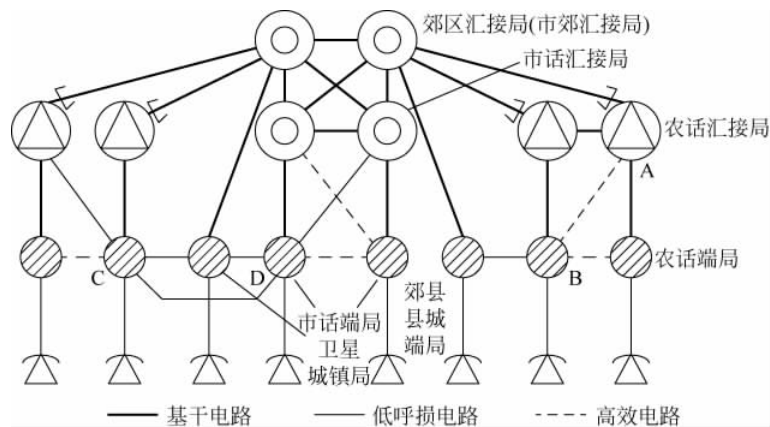


图 3.3 大中城市本地网络结构示意图

在长途接续中,本地汇接局在等级上相当于4级长途交换中心,端局经本地汇接后只能与3级以上的长途交换中心连接。它的职能是汇接在本汇接区内本地端局的来话、去话和转话(市话),也可疏通本汇接区内的长途话务。

本地电话服务范围比原市话网大,它不仅包括市话网,还包括所管辖的郊区电话、郊县县城及农村电话用户。因此,除市话端局、市话汇接局以外,还可设农话端局、县城端局、农话汇接局及郊区汇接局等,组成一个多级汇接的局部地区自动电话网。划分本地电话网服务范围,主要考虑话务流量、流向和经济效益。本地电话网的最大服务范围一般不超过 700km^2 ,或服务最大距离一般不超过 300km 。

交换局比较少的本地网也可采用一级网结构,一般适合于县城本地网。

4) 电话网等级结构的演变和发展

随着社会和经济的发展以及电话业务普及率的提高,电话网的网络结构不断发生变化,同时,电话网自身的建设也在不断地改变着网络的形式。传统的5级制结构正逐渐向3级制结构演变。其中,长途网将由省间长途网和省内长途网二级组成,而传统的C3局以下的电话网,将扩大为本地电话网,二级长途网分别由汇接全省长途话务的交换中心DC1和汇接本地网长途终端话务的交换中心DC2组成,两级长途电话网的等级结构如图3.4所示。

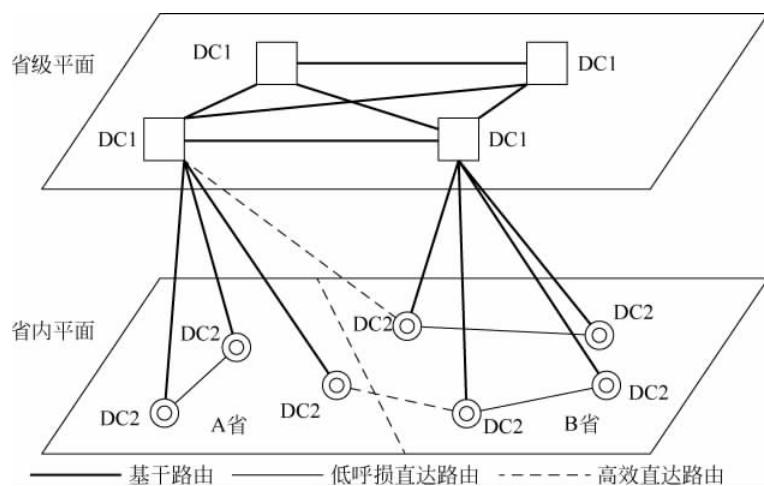


图 3.4 两级制长途电话网的等级结构示意图

网络结构的变化必然会引起选路方式的改变,长途二级网络将分平面实施“固定无级”的路由选择方式。即分别在高平面网省级交换中心 DC1 之间,以及低平面内的 DC2 之间引入固定无级选路。省间长途网以网状网组织各省的长途交换中心,当然由于经济发展不平衡,这还需要有一个过程,这种演变有利于长途网络资源的利用,提高电话接通率和网络的可靠性。

扩大的本地网不仅有利于大城市化建设的需要,而且也是促进电话业务的开展和增加电信企业竞争的需要。

3.1.2 电话网的路由及路由选择

1. 路由的含义及分类

1) 路由的含义

路由是网络中任意两个交换中心之间建立一个呼叫连接或传递信息的路径。它可以由一个电路群组成,也可以由多个电路群经交换局串接而成。如图 3.5 所示,交换局 A 与 B、B 与 C 之间的路由分别是 A→B、B→C,它们各由一个电路群组成,交换局 A 与 C 之间的路由是 A→B→C,它由两个电路群经交换局 B 串接而成。

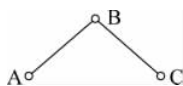


图 3.5 路由示意图

2) 路由的分类

组成路由的电路群根据要求可具有不同的呼损指标。对低呼损电路群,其上的呼损指标应不大于 1%;对高效电路群没有呼损指标要求。相应地,路由可以按呼损进行分类。在一次电话接续中,常常对各种不同的路由进行选择,按照路由选择也可对路由进行分类等。概括起来路由分类如图 3.6 所示。

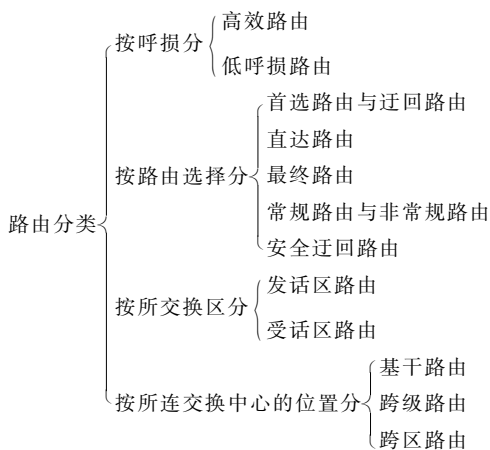


图 3.6 路由分类

下面介绍几种基本路由和路由选择时常用的路由。

(1) 基于路由。

基于路由是构成网络骨干结构的路由,由具有汇接关系的相邻等级交换中心之间以及长途网和本地网最高等级交换中心之间的低呼损电路群组成。基于路由上的低呼损电路群又称基于电路群。基于电路群的呼损标准是为保证主干网全网的接续质量而设定的,要求呼损小于 1%。基于电路上的话务量,不允许溢出至其他路由上。基于路由示意图如图 3.2 和图 3.3 中的粗实线条所示。

(2) 低呼损直达路由。

直达路由是指由两个交换中心之间的电路群组成的,不经过其他交换中心转接的路由,它可以旁路或部分地旁路基于路由。任意两个等级的交换中心由低呼损电路群组成的直达路由称为低呼损直达路由,低呼损直达路由示意图如图 3.2 和图 3.3 中的细实线所示。电

路群的呼损不大于1%，且话务量不允许溢出至其他路由上。

(3) 高效直达路由。

任意两个交换中心之间由高效电路群组成的直达路由称为高效直达路由。高效直达路由上的电路群没有呼损指标的要求，话务量允许溢出至规定的迂回路由上，高效直达路由示意图如图 3.2 和图 3.3 中的虚线所示。

(4) 首选路由与迂回路由。

首选路由是指某一交换中心呼叫另一交换中心时，有多个路由可供选择，第一次选择的路由就称为首选路由。当首选路由遇忙时，迂回到第二或第三个路由时，那么第二或第三个路由称为第一路由的迂回路由。迂回路由通常由两个或两个以上的电路群经转换交换中心串接而成。

(5) 安全迂回路由。

安全迂回路由除具有上述迂回路由的含义外，还特指在引入“固定无级选路方式”后，加入到基干路由或低呼损直达路由上的话务量，在满足一定条件下可向指定的一个或多个路由溢出，这样的路由称为安全迂回路由。

(6) 最终路由。

最终路由是任意两个交换中心之间可以选择的最后一种路由，由无溢呼的低呼损电路群组成。最终路由可以是基干路由，也可以是部分低呼损路由和部分基干路由串接，或仅由低呼损路由组成。

2. 路由的设置原则

为了提高网络的利用率和服务质量，使网络安全、可靠地运行，应根据话务量的需求对路由进行科学、合理、经济的设置。

1) 基干路由设置

长途网中同一省内具有汇接关系的省级交换中心 DC1 与地(市)级交换中心 DC2 之间，以及不同省的省级交换中心 DC1 之间应设基干路由；本地网中具有汇接关系的端局与汇接局之间；汇接局与汇接局之间均应设置低呼损电路群。

2) 直达路由设置

任意两个等级的交换中心之间根据话务量大小，在经济合理的前提下，可设置直达电路群，这里直达电路群可以是低呼损电路群，也可以是高效电路群。

长途网中同一省内地(市)交换中心 DC2 之间，以及省市中心 DC1 与各 DC2 之间可以根据传输电路的情况设置低呼损电路群或高效电路群。

不同省的 DC1 与地(市)DC2 之间，以及不同的 DC2 与 DC2 之间，当话务量大于一定数量时，可设置高效电路群。

在本地网中，任一汇接局与无汇接关系的端局以及端局与端局之间，在满足一定条件下，可设置低呼损电路群或高效电路群。

值得注意的是，电话网中路由的科学、合理设置是一个较为复杂的问题，两个交换中心之间该设置什么路由和各路由的数目要通过优化方法合理地进行科学的规划设计，详见第 7 章。

3. 路由的选择

1) 路由选择的基本概念

路由选择也称选路,是指一个交换中心呼叫另一个交换中心时在多个可传递信息的途径中进行选择,对一次呼叫而言,直至达到目标局路由选择才算结束。

根据 ITU-T 的 E. 170 建议从两个方面对路由选择进行描述:路由选择结构和路由选择计划。

(1) 路由选择结构。

路由选择结构分为有级(分级)和无级两种结构。

① 有级选路结构。如果在给定的交换节点的全部话务流中,到某一方向上的呼叫都是按照同一个路由依次进行选路,并按顺序溢出到同组的路由上,而不管这些路由是否被占用,或这些路由能不能用于某些特定的呼叫类型,路由组中的最后一个路由均为最终路由,呼叫不能再溢出,这种选择结构称为有级选路结构。

② 无级选路结构。如果违背了上述定义(如允许发自同一交换局的呼叫在电路群之间相互溢出),则称为无级选路结构。

值得注意的是,路由选择中的有级和无级概念与电话网中的等级结构概念是毫不相关的。无级网络结构是指网络中所有节点为一个等级,而无级选路则是指选路时不反应等级关系,实际上,有级网也可采用无级选路结构。

(2) 路由选择计划。

路由选择计划是指如何利用两个交换局间的所有路由组来完成一对节点间的呼叫。它可分为固定选路计划和动态选路计划两类。

① 固定选路计划。固定选路计划是指路由组的路由选择模式总是不变的,即交换机的路由表一旦制定后相当长的一段时间内交换机按照表内指定的路由进行选择。但是对某些特定种类的呼叫可以人工干预改变路由表,这种改变呈现为路由选择方式的永久性改变。

② 动态选路计划。动态选路计划与固定选路计划相反,路由组选择模式是可变的。即交换局所选的路由经常自动改变。这种改变通常根据时间、状态或事件而定,路由选择模式的更新可以是周期的或非周期的;预先设定的或根据网络状态而调整的;也可以是实时或在线的等。

选路结构和选路计划总是不可分的。如分级选路结构与固定选路计划相结合称为固定分级选路方式(FHR),这是早期在等级制电话网中广泛采用的一种选路方式。又如无级选路结构往往采用动态计划称为动态无级选路方式(Dynamic Non-Hierarchical Routing, DNHR)。随着网络技术的发展,大型程控数字交换机的使用和公共信道信号网的实现,动态无级选路方式得到了广泛的使用。

2) 路由选择的基本原则

无论采用什么路由选择方式,路由选择均应遵循下述基本原则:

- ① 要确保传输质量和信令信息的可靠传输。
- ② 要有明确的规律性,确保路由选择中不出现死循环。
- ③ 一个呼叫连接中串接的段数应尽量少,即首选串接段数少的路由。
- ④ 能够在低等级网络中疏通的话务量应尽量在低等级中疏通。

3) 固定等级制路由选择规则

(1) 长途网的路由选择规则。

无论是4级网或是2级网,长途网路由选择规则主要如下:

- ① 网内任一长途交换中呼叫另一长途中心的所选路由局最多为3个。
- ② 同一汇接区内话务应在该汇接区内疏通。
- ③ 发话区的路由选择方向为自下而上,受话区的路由选择方向为自上而下。
- ④ 按照“自远而近”的原则设置选路顺序,即首选直达路由,次选迂回路由,最后选最终路由。

按照上述原则长途2级网的固定等级制选路如图3.7所示。

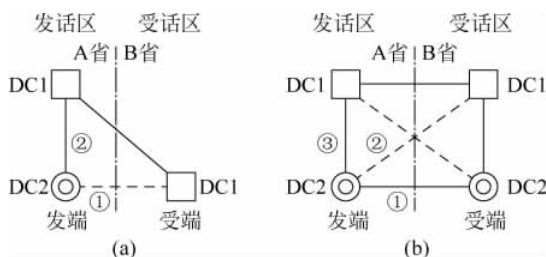


图 3.7 长途网的路由选择规则示意图

在路由选择过程中,当发端至受端同一局向设有多个电路群时,可根据各电路群承受话务能力等情况,将话务按不同的比例分配给各路由,以疏通到目标局的话务,这种方式称为话务负荷分担选路方式,如图3.8所示。

(2) 本地网中继路由的选择规则。

本地网中继路由的选择规则主要如下:

- ① 选择顺序为先直达路由,后迂回路由,最后选择基干路由,如图3.9所示。

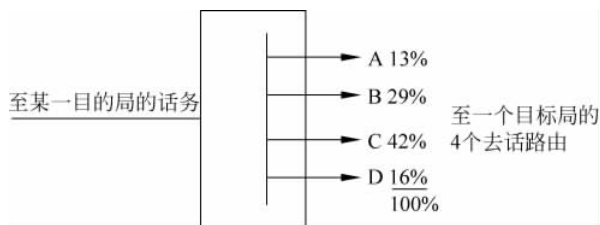


图 3.8 话务负荷分担选路方式示意图

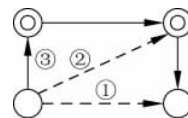


图 3.9 本地网中继路由的选择规则示意图

- ② 每次接续最多可选择3个路由。

- ③ 端局与端局间最多经过两个汇接局,中继电路最多不超过3段。

从固定等级制选路规则可以看出,这种选路方式可以充分利用各级交换局间的直达路由,减少转换次数。并且由于选路是固定不变的,因此,交换机内对选路的计算和处理相对简单,对交换机的处理能力要求也就较低,但网络资源的利用率比较低。

4) 动态无级路由选择

动态无级选路允许交换机的路由表可以动态改变,这种改变可以是预先设置的方式随

时间而改变,也可以是实时或在线式的改变。因此,动态无级选路方式可分为两类,即预设动态路由选择方法和实时动态路由选择方法。

(1) 预设动态路由选择方法。

预设动态路由选择方式中,选路模式根据已知的话务负荷变化,可以每一小时(或者一天中多次)改变一次。改变的时间间隔,通常要比呼叫保持时间长得多。典型的呼叫保持时间为几分钟。

在具体实现中,目前预设动态路由选择方法主要有4种形式,即动态等级制选路、动态多链路路径选路、动态双链路路径选路和动态前进选路。下面就动态等级制选路方式说明预设动态路由选择方法的实现。

图3.10给出了动态等级制选路方式的示意图,两个交换节点之间经由第三个交换节点连接的链路称为三方子链路。图中共有6条子链路,三方子链路的干线数目以及选路顺序可以根据固定的等级制结构,通过网络管理系统的控制随时间(如以1h为单位)变化而改变,以达到动态选路的目的。

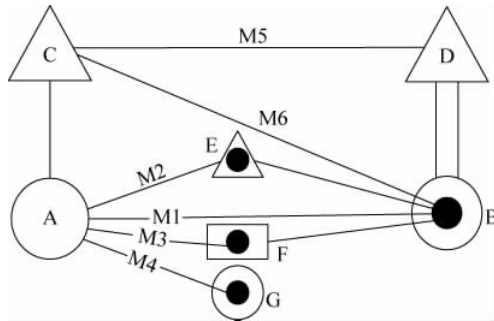


图 3.10 动态等级制选路示例

在图3.10中,A和B交换局之间的高效链路有4条:M1、M2、M3和M4;最终链路有2条:M5和M6。M1是直连干线,三方子链路M2、M3和M4,分别经由交换机E、F和G,M5是直连干线三方子链路M6经由交换机C。

(2) 实时动态路由选择方法。

实时动态话务选路独立于任何预先计算得到的路由表,是话务选路方法中最为复杂的一种,采用该方法时,路由表的时间变化周期与呼叫保持的时间相比,同处一个数量级,甚至会更少一些。实时动态话务选路目前有依据事件或依据状态两种方式。

在依据事件的实时动态话务选路中,常用的方法有带学习的随机选路(Learning with Random Routing, LRR)、最先成功选路(Success-To-the-Top, STT)和动态迂回选路(Dynamic Alternative Routing, DAR)等。在LRR中,首选直达链路,发生溢出后,选择一个固定的迂回路径;若该迂回路径发生阻塞(事件),以随机方式选择一条新的迂回路径,作为下一次呼叫的迂回选项(即达到学习目的)。STT是在LRR上的扩展,它增加了在LRR中不采用的曲回控制。曲回控制是一种共路信令(CCS)系统的消息功能,它允许将已阻塞的呼叫返回给发起方的交换机,以便在其他路径上迂回选路。DAR与LRR和STT相似,首选直达链路,溢出部分选上一次成功的迂回路径直至阻塞为止;发生阻塞时随机选择一个新的路径。

依据状态的实时动态话务选路,其路由表的变化更快,可以是几分钟一次,几秒钟一次,甚至一次呼叫变化一次。一次呼叫变化一次路由表的选路方式也称为实时网络选路方式(Real-Time Network Routing, RTNR)。RTNR 选路方式是要通过共路信令的状态查询消息,得到各交换局的实时状态信息,并以此为基础,在所有可能的链路路径中判决出最优的路径。

(3) 实现动态路由选择的条件。

采用动态路由选择方法,可以显著地提高网络资源的利用率,降低网络运营成本。研究和经验表明,电话网中实施动态路由选择方法可以减少 15% 左右的投资费用。然而,动态路由选择比较复杂,网络必须具备一些条件才能实现。

首先网络内各个交换节点的交换机必须具有自动处理和高速计算功能,路由表才有可能随时间变化而改变。也就是说,网络中的交换机必须是程控数字化的交换机。其次,要有较为完善的网络管理系统,因为只有通过网络管理系统才能实时(或接近实时)地统计网络和交换机的忙闲状态,进而去改变路由表。另外,必须采用能够提供复杂信号能力的公共信道信号系统。再者,高连通度的网状网结构也是实现动态无级路由选择的一个基本条件。由此可见,要使整个网络实现动态无级路由选择还有一个漫长的发展过程。

3.1.3 电话网的信令系统

信令是指通信网(包括电话网)中,在各个交换局之间为完成呼叫连接而执行的信息交换语言。信令系统是使网络中的交换机、网络数据库以及其他智能节点之间完成消息(包括呼叫建立、监视和释放的消息)和信息(包括分布式应用进程和网络管理所需要的信息)交换的系统。电话交换机之间的信令传送主要有两种方式,即随路信令系统和共路信令系统。

随着网络技术的发展,对信令的要求越来越高,以至于形成通信网的一个支撑网——信令网,关于信令网的组成及组网将在第 7 章中介绍,本节只对电话网中信令的类别、功能及电话网的随路信令系统的组成做一些介绍。

1. 信令的类别

电话网的信令系统,可以根据它们的功能以及应用区域进行分类。从信令的功能上看,信令可分为监视信令、选择信令和操作信令。而根据应用区间,则又可分为用户线信令、局间信令和网路信令。

① 监视信令也称为线路信令,主要用来检测和改变用户线以及网络中其他线路的状态或条件,如用户摘挂机信令、线路占用信令等。

② 选择信令也称为记发器信令,它和呼叫建立有关,主要由被叫地址(即被叫用户的电话号码)组成。

③ 操作信令主要用于检测和传送网络的拥塞信息、反映电路或设备的状态信息及计费信息等。这些信息的功能是为了能有效地利用网络和交换设备的资源,也称为管理信息。

信令还按传输的方向分为前向信令和后向信令。

在电话呼叫过程中所涉及的信令如图 3.11 所示。

信令按与其话路的关系又可分为随路信令和共路信令系统。前者是信令信息与语音信息在同一通道中传送,而后者是采用专门的信道传送信令信息。

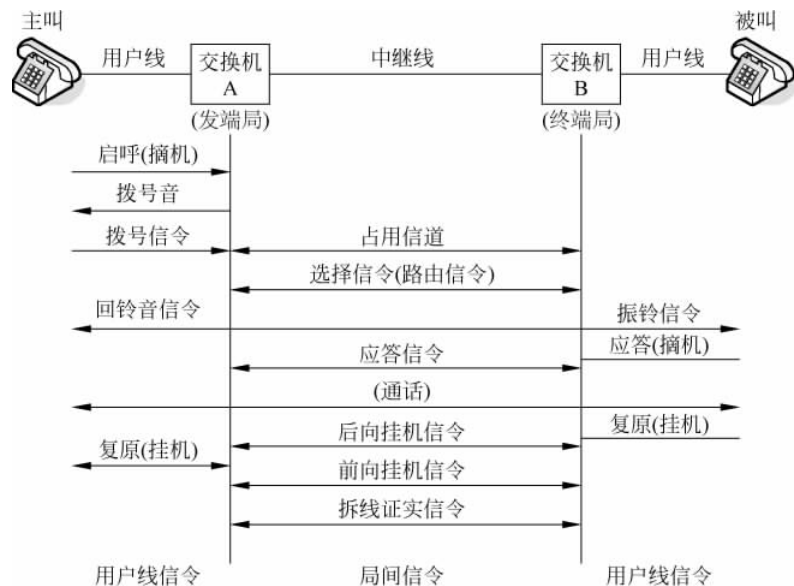


图 3.11 呼叫过程的基本信令示意图

2. 随路信令系统

随路信令是在传送语音的信道中传送的为建立和拆除该话路所需的各种业务信息。我国普遍使用的随路信令系统称为中国 1 号信令系统,包括线路信令和记发器信令。

1) 线路信令

线路信令是在去话中继器和来话中继器之间,通过线路信令设备在话路中传送的信令,根据传送的介质不同可分为两种格式:一种为模拟型的线路信令,主要有直流线路信令和带内单频脉冲线路信令两种形式;另一种是数字型的线路信令,也有两种编码形式,即带内 2600Hz 的 8 位编码和 4 位编码。

在 PCM 30/32 路通信中,广泛采用 4 位编码的数字型线路信令。每一个话路占用 4 个比特位,分别位于 PCM 30/32 路基群信号(2048kb/s)的不同帧(每 16 帧组成一个复帧)的第 16 号时隙。16 个帧共 32 个 4 位组,其中 30 个 4 位组传送 30 个话路的随路信令,0 号帧的 16 时隙的 8 位码组用于传递复帧同步信号,如图 3.12 所示。

4 位编码线路信令中只使用了 a、b、c 3 个比特位,它们的功能分述如下:

第一位 a: 用于前向信令时,0 表示主叫摘机状态,1 表示主叫挂机(拆线)状态;用于后向信令时,0 表示被叫摘机状态,1 表示被叫挂机状态。

第二位 b: 用于前向信令时,0 表示主叫故障状态,1 表示主叫正常状态;用于后向信令时,0 表示受话局空闲,1 表示受话局占用或闭塞。

第三位 c: 用于前向信令时,0 表示话务员振铃或强拆,1 表示话务员未执行操作,用于后向信令时,0 表示话务员进行回铃操作,1 表示话务员未执行操作。

在长途全自动呼叫系统中,第三位 c 比特不需要。

2) 记发器信令

记发器信令源于一个交换局的记发器,终结于另一个交换局记发器的信令。它的主要

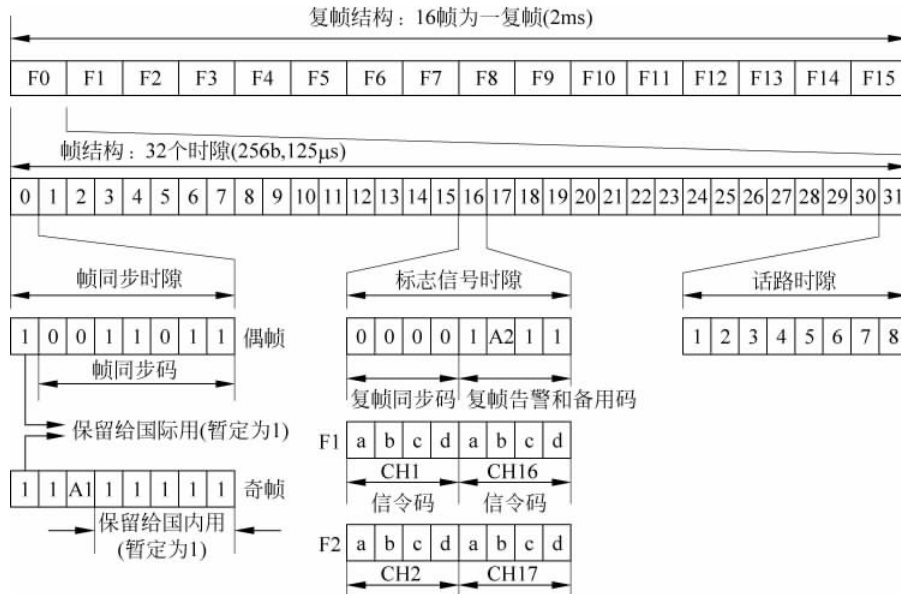


图 3.12 PCM 30/32 路时隙分配示意图

功能是控制电路的自动连接。

我国 1 号信令系统采用多频互控方式，多频是指由多个音频组成的编码信号。互控方式就是前向所发的地址、控制指示语等信息，后向要发证实和控制信号，前向在收到证实信号后才发停发信号，同样地，后向在收到前向停发信号后才停止发证实信号。目前的有线电话通信中都采用互控方式。当然还有不互控传送方式，它与互控方式正好相反，我国只有在卫星通信中采用不互控方式传送。

记发器信令是由多个音频频率信号组成的编码信号。频率是按等差级数法选取的，其公差为 120Hz。前向信号由 6 个频率信号组成，采用 6 中取 2 编码方式共组成 15 种信令，后向信令则采用 4 个频率信号，也采用 4 中取 2 的方式组成 6 种信令，如表 3.1 所示。

表 3.1 多频编码信令组成

数码	前向信号/Hz						后向信号/Hz			
	f_0	f_1	f_2	f_4	f_7	f_{11}	f_0	f_1	f_2	f_3
	1380	1500	1620	1740	1860	1980	1140	1020	900	780
1	*	*					*	*		
2	*		*				*		*	
3		*	*					*	*	
4	*			*			*			*
5		*		*				*		*
6			*	*					*	*
7	*				*					
8		*			*					
9		*			*					

续表

数码	前向信号/Hz						后向信号/Hz			
	f_0	f_1	f_2	f_4	f_7	f_{11}	f_0	f_1	f_2	f_3
	1380	1500	1620	1740	1860	1980	1140	1020	900	780
10				*	*					
11	*					*				
12		*				*				
13			*			*				
14				*		*				
15					*	*				

* 表示数码所对应的频率。

这些信号又采用分组的方法来表示不同时段的控制信号。

前向信号分为 I 组和 II 组两类,分别如下:

I 组 {

- KA——用户类型,包括用户计费、等级等,共 10 个信号
- KC——长途接续控制,共 5 个信号
- KE——长话局向市话局传送的接续控制,共 5 个信号
- 数字码——主叫所拨叫的号码,共 10 个信号

II 组: KD——表示发端业务性质和类别,共 6 种信号。

后向信号分 A 组和 B 组。

A 组: 它表示前向 I 组信号的证实信号,共 6 种。

B 组: 它表示前向 II 组信号的证实信号,共 6 种。

记发器信令的互控过程由 4 个阶段(或拍)构成: 第一阶段,由发话记发器发送前向信令; 第二阶段,由来话记发器接收并识别对端发送的前向信令,并向发送端发送后向信令; 第三阶段,去话记发器接收并识别后向信令; 第四阶段,来话记发器识别前向信令停发之后,停发后向信令,当去话记发器识别后向信令停发后,根据收到的后向信令要求,发送下位前向信令,启动下一次互控过程。

3. 共路信令系统

随路信令系统的优点是比较简单,不占用专门通道,易于处理,但它存在着许多局限性: 信令传送速度低,通话建立时间长,容量很有限,难以传送与接续无关的信息。这种信令方式不能适应通信网综合化、智能化和个人化的发展要求。于是,人们就将信令通道与语音通道分开,把若干条电路的信令集中在一条专用信道上,这就是共路信令系统,也称为公共信道信令系统。换句话说,利用一条专门的信号链路去传递信令信息的信号系统就称为共路信令系统(也称 No. 7 信令系统)。

No. 7 信令系统中,信令点(信令的源节点、宿节点及信令的转接点)和信号链路可以构成一个独立的通信网,这个网络就称为共路信令网。事实上,随着网络技术的发展,这个信令网已成为通信网的一大支撑网(辅助网),它起源于电话网的信令系统,但其服务对象并不限于电话网,它已广泛使用于综合业务数字网等其他专业技术网。

在我国,以 ITU-T 发布的 7 号公共信道信令网(No. 7)的基础上,制定出了中国的 2 号

信令系统,它是与 No. 7 号信令系统兼容的,适合我国通信网的共路信令系统。

由于共路信令系统采用了专门的信号链路来传送信令信息,因此它传递速度快,信息量大,能提供复杂的信号,且可以满足目前和未来通信网对信令信息和其他信息的要求,它不仅为电话网提供服务,而且可以为其他通信网提供服务。事实上,现代通信网中信令网已成为一个逻辑上相对独立的为通信网提供支撑作用的一大辅助网——信令网。有关信令网组网结构、No. 7 信令的功能及其基本格式在第 4 章再详细讨论。

3.1.4 传输规划

决定电话业务服务质量的主要因素:一个是接通率(与呼损存在互补关系);另一个则是与传输有关的语音质量。前者与电话网中电路资源以及路由组织有关,而后者则与传输链路的损耗与损伤有关。与接通率一样,传输质量也是一个全网性的指标。合理安排(和分配)传输链路路上的性能指标,以达到在成本约束控制下的最优质量是传输规划的中心任务之一。

1. 传输链路

传输链路就是信息传输的通道,它不仅包含了具体的传输介质,而且包含了信号发送、接收及变换设备。

1) 传输介质

传输介质就是通信线路,通信线路可分为有线和无线两大类,其分类如图 3.13 所示。

下面介绍几种常用的传输介质。

(1) 对称电缆。

对称电缆是由若干条扭绞成对或扭绞成组的绝缘总线构成缆芯,外面再包上护层组成的。导电材料通常用铜。对称电缆幅频特性是低通型(0 至几百千赫兹),串音随频率升高而增加,因此复用程度不高,常用于用户线路和市话局间中继。

(2) 同轴电缆。

同轴电缆主要是由若干个同轴对和护层组成,同轴对由内、外导体及中间的绝缘介质组成,导电材料常采用铜。同轴对的幅频特性呈带通型,且随频率升高而下降,适于高频传输。但同轴回路的特性阻抗不均匀,影响传输质量,且耗铜量大,施工复杂,建设周期长。

(3) 光缆。

光缆的结构和电缆的结构类似,主要由缆芯、加强构件和护层组成。光缆中传送信号的是光纤,若干根光纤按照一定的方式组成缆芯。光纤由纤芯和包层组成。纤芯和包层的折射率不同,利用光的全反射使光能够在纤芯中传播。光纤通信是以光波作载频传输信号,以光缆为传输线路的通信方式。光波是一种频率在 10^{14} Hz 左右的电磁波,波长范围在近红外区内,一般采用的波长有 $0.85\mu\text{m}$ 、 $1.31\mu\text{m}$ 和 $1.55\mu\text{m}$ 。

光纤通信近几年来飞速发展,是由于它具有以下突出优点而决定的:传输频带宽,通信容量大;损耗低;不受电磁干扰,无串音;重量轻;资源丰富等优点。

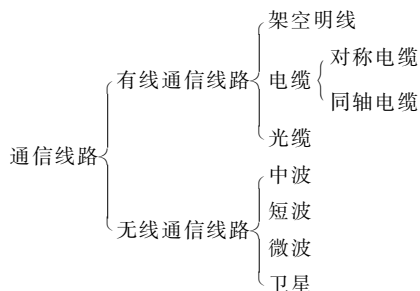


图 3.13 通信线路的分类

(4) 自由空间。

自由空间又称理想介质空间,无线电波在地球外部的大气层中传播,可以认为在自由空间传播。

微波通信是到用微波频段(300MHz~30GHz)的电磁波来传输信息的通道。微波在空间沿直线视距范围传播,中继距离为 52km 左右。

卫星通信是地球站之间利用人造卫星做中继站的通信方式,是微波接力通信的一种特殊形式,它可以向地球上任何地方发送信息。

自由空间传输信号易受大气变化等自然环境的影响。

2) 传输链路的分类

公共电话交换网的传输链路主要有以下几类:

(1) 实线传输。

实线传输指以模拟基带信号方式传输的链路。在上述传输链路中只有对称电缆可以传输基带信号。适用于短距离传输,一般在用户环路中应用。

(2) 频分载波传输(Frequency Division Multiplex,FDM)。

以频分方式实现多路复用传输链路。随着传输链路的数字化,这种 FDM 方式传输链路现在不再使用。

(3) 时分数字传输。

时分数字传输是以脉码调制(Pulse Code Modulation,PCM)时分多路复用的传输链路。它的主要传输体制是 PDH(准同步数字体系),将 PCM 一次群信号逐步复用为二次群,三次群,……,最高可以达到 6 次群信号。它的结构十分复杂,而且世界上并存着 3 种体制,即北美、欧洲和日本体制,三者互不兼容,且主要是面向点到点的传输,缺乏灵活性。自 19 世纪 80 年代末期 SDH 出现以来,PDH 已逐渐被 SDH 取代。

SDH 采用同步复用方式和灵活的复用映射结构,使低阶信号到高阶信号的复用/解复用一次到位,并且具有统一的数字速率标准(STM-N, $N=1,4,16,64$)和统一的光网络节点接口以及强大的网络管理功能,这些都使 SDH 迅速发展起来。SDH 主要以光纤为主要传输介质。

(4) 数字微波传输。

数字微波传输是以微波作为介质并采用数字调制方法的传输链路。这种传输方式特别适合于地形复杂的地区和边远山区。

2. 电话系统语音信号的质量

电话网质量测度指标中的传输质量,是指传输链路的传输质量,它直接影响电话的质量,反映信息传输的准确度。电话业务传输质量的好坏主要体现在以下 3 个方面:

- ① 响度。反映通话的音量大小。
- ② 清晰度。反映通话的可懂度。
- ③ 逼真度。反映音色的不失真程度。

在电话网中,为了使语音信号有足够的响度,要求全程(从用户到用户)传输损耗应小于某一值,而在现阶段电话网中,还存在着一定数量的模拟传输系统和设备,特别是用户端和用户接入部分,在模拟传输系统中,模拟信号会随传输距离的增长而出现衰减和失真,另外,

绝大部分的用户线接入采用二线传输方式,与核心网广泛采用的四线传输之间必然存在二/四线转换,由于二/四线转换器特性的不理想会引起回声,甚至振鸣,这就要求线路要有一定的损耗,以抑制回声信号,也就是说,为减小回声和防止振鸣,要求传输链路的损耗应大于某一值。此外,电话机的质量以及传输系统中各种杂音也是影响电话业务传输质量的重要因素。由此可见,仅用传输损耗还不能确切地描述电话网的传输质量。为此,引入响度当量的概念。

1) 响度当量和传输损耗的分配

衡量响度损耗的参数称为响度当量,它比传输损耗更全面地反映了多种传输因素对通话质量的影响。响度当量是参考当量(RE)、修正参考当量(CRE)、R25 当量和响度评定值(LR)的统称,它采用主观评定方法来度量传输质量。在我国,响度当量和传输损耗一起作为传输规划的重要指标。

在具体评测时,将被测的实际传输系统与标准参考系统进行比较,为使测试者从两个系统听到相同的语音响度,需在标准系统中加一定量的衰耗值,这个衰耗值就是响度参考当量,其单位是分贝(dB)。

ITU-T 推荐的参考系统称为“参考当量新基准系统”,缩写为 NOSFER 标准系统,这个系统是由复杂的电路组成的,有较高的稳定性,用它去测各国的电话系统得出相应的参考当量。

参考当量的测量方法如图 3.14 所示,图中的讲话者和听话者都是经过专门培训的测试人员。



图 3.14 参考当量测试示意图

在进行测量时,被测系统与 NOSFER 基准系统处在规定的发送和接收条件下,调节可变损耗器,以使测试人员从两个系统听到同样的语声响度,这时可变损耗的损耗就是被测系统的语音响度参考当量。

用 NOSFER 系统测得我国的用户电路的发送参考当量的平均值为 3.12dB,用户电路的接收参考当量平均值为-5.6dB。全程参考当量是发送参考当量与接收参考当量以及端局所有设备对响度影响部分的传输损耗之和。

与参考当量相对应的是全程传输损耗,它是指一个通话连接中,包括用户线、交换局和局间中继线在 800Hz 时的传输损耗之和。其中,用户线部分的损耗是固有的($\leq 7\text{dB}$),和参考当量中的用户部分一样,在传输规划和分配中是不可改变的。

按照我国《电话自动交换网技术体制》规定,本地网中,全部为数字局时的全程参考当量应不大于 22.0dB,全程传输损耗应不大于 18dB,如图 3.15 所示;在长途网中,全部为数字局时的全程参考当量不大于 33.0dB,全程传输损耗值不大于 22dB。

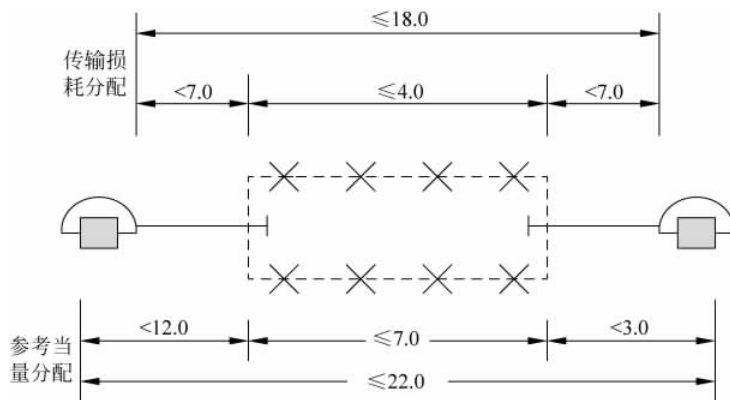


图 3.15 本地网中全为数字局时的参考当量和传输损耗分配示意图

2) 杂音

杂音(也称噪声)是指在语音信道中与所需信号同时存在的任何无用的信号,它可来自于传输通道中任意一个部件,或来自于一个传输信道与另一个信道因耦合而引起的干扰杂音,包括热噪声、电力线感应、脉冲噪声和串音(或串话)等。

由于杂音是影响电话通信的语音质量的另一重要因素,因此,在电话通信中,对杂音有明确的指标要求。在我国《电话自动交换网技术体制》中对局间中继线、用户线及程控交换机的杂音都有明确的规定。

3. 误码损伤及规划

采用数字传输技术后,电话业务质量必然会受到数字传输损伤的影响。主要的数字传输损伤有误码、抖动、漂移、滑动、延时和帧失步等,其中对语音质量方面尤以误码和滑动为甚。滑动(或滑码)的起因与时钟不同步有关,关于这部分内容详见本书 4.2 节有关内容,这里只介绍误码率的概念。

1) 误码的定义

在数字传输系统中,误码是指接收码元和发送码元之间的差别。产生误码的原因是多种多样的,总地来说,误码的产生具有随机性。误码的严重程度通常用平均误码率和误码时间率来衡量。

误码率是指在测量时间内错误码元数与总的码元数之比,用公式表示为

$$P_e = \frac{\text{错误码元数}}{\text{总的码元数}} = \frac{N_e}{T_0 f_0} \quad (3-1)$$

式中 T_0 ——测量时间;

f_0 ——码元速率;

N_e —— T_0 时间内测量到的错误码元数。

显然,误码率与测量时间有关,为了简化常用单位时间的误码率来表示误码程度。

2) 误码对通信系统的影响

对于不同类别的业务,误码所造成的影响程度是不同的,对于数据通信,误码会造成部分数据重发,从而降低传输效率;对于采用 PCM 的语音通信,误码将造成“咯咯”样的噪声。

各种业务对误码率的阈值如表 3.2 所示。

表 3.2 各种业务对误码率的阈值

业务种类		阈值		
窄带业务	电话	PCM(64kb/s)	3×10^{-5}	
		ADPCM(32kb/s)	10^{-4}	
		APC—AB(16kb/s)		
	数据(16~64kb/s) 可视图文(1.6~64kb/s)		3×10^{-6}	
宽带业务	立体声(384kb/s) 数据(684~614kb/s)		10^{-6} $10^{-6} \sim 10^{-7}$	
	图像	4MHz 带宽	直线 PCM	5×10^{-7}
			ADPCM(32Mb/s)	10^{-7}
			三维(1.5~6.3Mb/s)	$10^{-9} \sim 10^{-10}$
		高清晰度电视		未知

值得注意的是,由于误码发生的复杂性和随机性,使得仅依靠长期平均误码率来衡量各种业务对误码的要求是不充分的。为此,有时还要引入误码时间率的概念进一步描述误码对传输质量的影响。

3) 全程参考连接及误码率的分配

为了便于研究数字传输损伤(包括误码、滑码等)以及分配网络性能指标等,原 CCITT 又制定了数字传输模型(G.801)。数字传输模型是一个假想实体,具有规定的长度和结构,其中假想参考连接(HRX)是一个指导有关总体性能研究和规划的模型。除了 HRX 外,数字传输模型还包括假想参考数字链路(HRDL)以及假想参考数字段(HRDS)。

假想参考连接 HRX 是用于误码性能指标分配的一个参考模型,如图 3.16 所示。

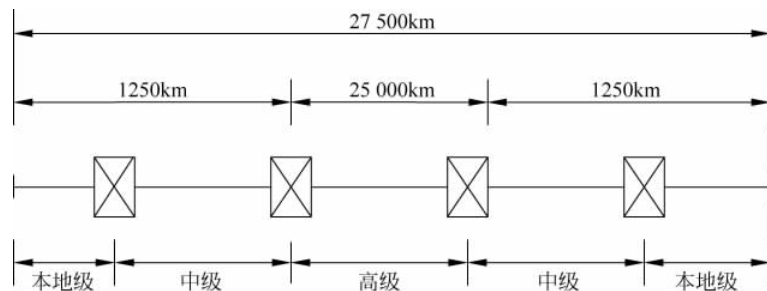


图 3.16 用于误码性能指标分配的 HRX 示意图

图 3.16 中把传输链路分为 5 个区段:处于中间的高级段、两个对称的中级段和两个本地段。高级段的距离为 25 000km,中级段与本地段的距离之和长为 1250km。一般而言,高级段的电路当作国际电路,中级段当作国内长途电路,本地级则与本地级电路相对应,并根据区段的电路数比例和工程经济因素,将整个(100%)误码损伤中的 40%分给高级电路。15%($\times 4$)分给中级和本地电路。

3.2 IP 电话网

IP 电话是近年来出现的一种新业务,传统的电话网是通过电路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:一种是语音压缩技术;另一种是语音分组交换技术。由于这两项技术的采用,IP 电话的通信运营费大大低于传统电话的运营费用,此项业务一经推出,就得到了运营商和使用者的广泛关注。

传统的数字电话网一般采用 A 律 13 折线 PCM 编码技术,一路电话的编码速率为 64kb/s,或采用 μ 律 15 折线编码方法,编码速率为 52kb/s,IP 电话中采用共轭结构算术码本激励线性预测编码法,编码速率为 8kb/s,再加上静音检测、统计复用技术,平均每路电话实际占用的带宽仅为 4kb/s,可见 IP 电话采用的编码技术大大节省了带宽资源,这是 IP 电话运营成本下降的一个重要原因。另一个重要原因是,IP 电话采用分组交换技术来传送语音。利用分组交换方式传送实时性能要求较高的语音信号是现代通信网技术迅速发展的标志之一。

IP 电话的网络组成如图 3.17 所示,整个网络由网关、网守(也称网闸)、电话网管中心等组成。

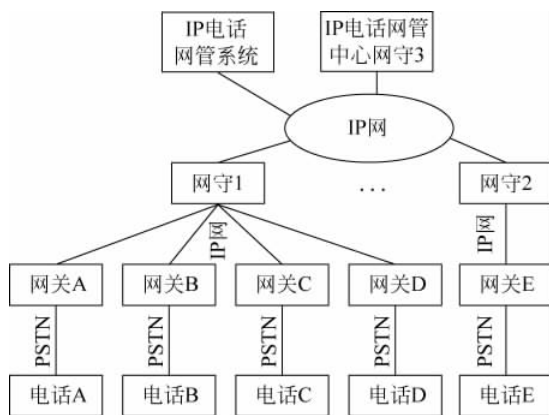


图 3.17 IP 电话网的组成框图

IP 电话中应用广泛的公共交换电话网(Public Switched Telephone Network,PSTN)电话到 PSTN 电话间的通话过程描述如下:

(1) 用户 A 用特定号码拨入,接通网关 A,并提供 PIN 码和被叫电话号码。网关 A 向它的本地网守发送服务请求,同时提供用户信息、服务类型和服务信息,其中包括被叫电话号码,网守对这个用户信息提供验证,然后返回信息表示允许接入或拒绝接入。

(2) 如果允许用户接入,网守将发送一个信息到授权、认证及计费平台(即 AAA 平台),平台可以在网守内,也可以是一个独立的平台。AAA 平台再次验证后,开始对该用户进行计费。

(3) 网守通过对它本身数据库的查找(网守有电话号码和相应的对照表),决定被叫号码对应的网关 B,如果没有该电话号码和网关的对照表,它将向上一级网守 C 提出请求,直

到返回被叫号码对应的网关,也有可能被叫号码的地方没开通服务,网守就返回号码错误不能解析。

(4) 然后网关 A 与网关 B 建立了一条对话通道,网关 B 再呼叫电话用户 B,这样用户 A 与用户 B 的对话开始。

值得注意的是,虽然 IP 电话已在全国开通,但是 IP 电话网络技术仍处于初级阶段,一方面 IP 的关键设备之间的互通还存在一些问题,不同厂家生产的设备标准不统一;另一方面,对 IP 电话的承载网络的设计还处于初级阶段。常常会因网络拥塞或使用过渡带宽而使服务质量下降。因此,进行合理的网络设计进一步提高 IP 电话的服务质量是一个亟待解决的问题。

3.3 移动电话网

移动电话网由移动交换局、基站、中继传输系统和移动台组成。

移动交换局和基站之间通过中继线相连,基站和移动台之间为无线接入方式,移动交换局又和本地电话网中的市话局相连组成移动通信网,如图 3.18 所示。

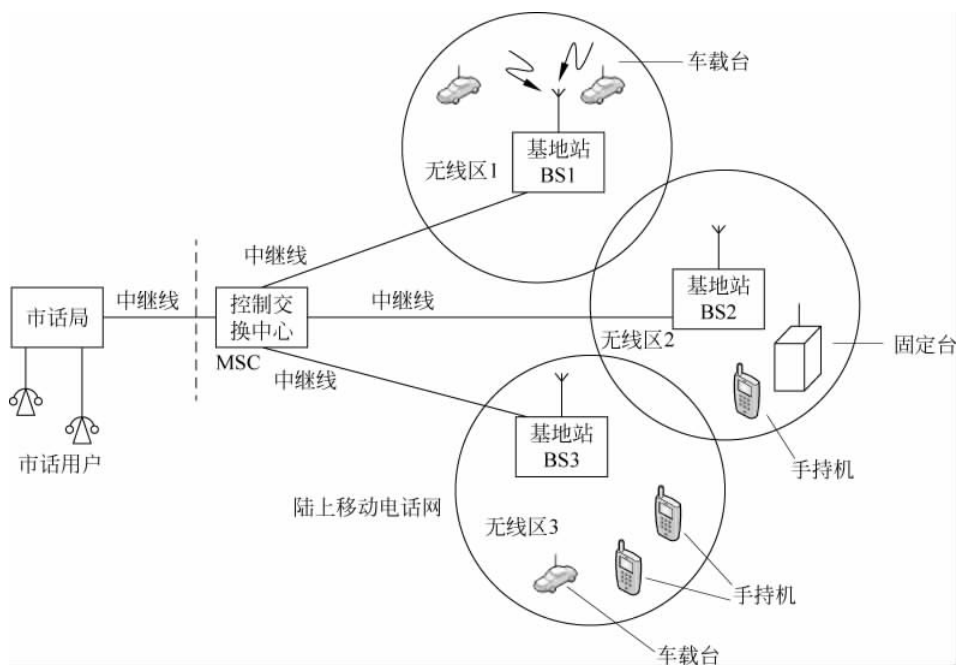


图 3.18 移动通信网的组成示意图

移动电话网分为模拟移动电话系统和数字移动电话系统,模拟移动电话系统已被淘汰,正在广泛使用的是 GSM(Global System for Mobile Communication)数字移动电话系统以及 CDSM(Code Division Multiple Access)移动通信系统。

目前我国的 GSM 电话采用 3 级网结构,全国设立了 8 个一级移动汇接中心,相互之间为网状网,各省为二级汇接中心,移动业务本地网设立本地汇接中心,形成 3 级网。

习题

- 3.1 电话网常采用的拓扑结构有哪些?
- 3.2 简要说明我国电话网的等级制结构和各级交换中心的职能。
- 3.3 什么是路由? 基于路由、低呼损直达路由、高效直达路由和最终路由各有什么特点?
- 3.4 路由选择的主要原则有哪些?
- 3.5 什么是动态无级路由选择? 它的优点是什么? 实现的条件有哪些?
- 3.6 如图 3.19 所示, A、B、C、D 为 4 个交换端局, E、F 为汇接局, 根据路由选择规则, A→B、C→D 应如何选择路由?

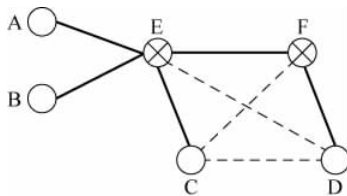


图 3.19 题 3.6 示意图

- 3.7 我国电话通信网记发器信令采用什么控制方式? 是如何构成的?
- 3.8 什么是随路信令系统? 有什么特点?
- 3.9 简要说明参考当量的意义。它是如何测定的?
- 3.10 什么是杂音、串音和衰减频率失真?
- 3.11 什么是误码? 常用的度量参数有哪些? 在全程参考连接中如何分配?
- 3.12 简述 IP 电话系统的关键技术。