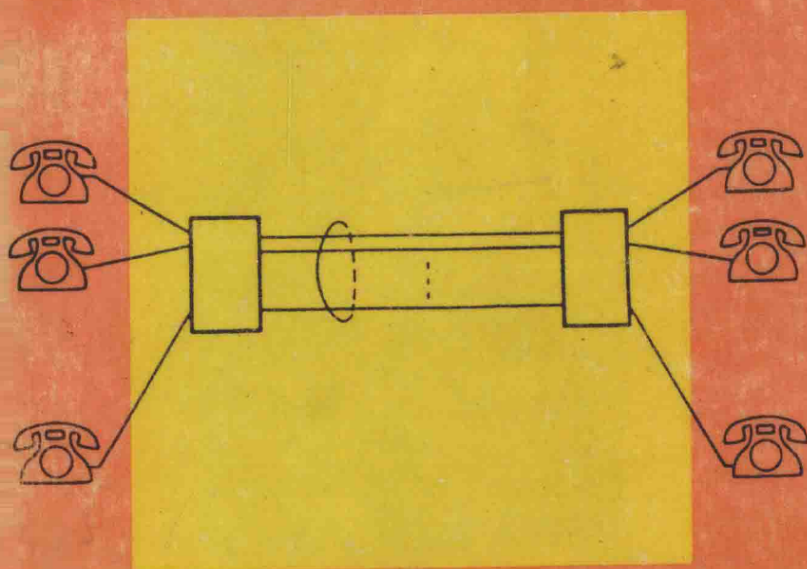


现代交换系统工程

杜光东 译 文成义 刘增基 审校



西安电子科技大学出版社

现代交换系统工程

秋丸 春夫 著

池田 博昌

杜光东 译

文成义

刘增基

审校

西安电子科技大学出版社

1992

(陕)新登字 010 号

内 容 提 要

交换系统是由于电话交换的需要而逐渐发展起来的。然而,在当今的信息化社会,交换已不仅仅局限于电话交换,还包括数据交换、图像交换等等。本书力图把握交换技术的潮流,从理论和实践两方面反映交换技术的现状、技术方法和发展方向,对目前的许多研究热点,如综合业务数字网(ISDN)、局域网(LAN)、异步传送模式(ATM)等都有所涉及。为便于读者掌握和理解本书内容,每章后均附有一定量的习题。

本书的读者对象为通信系统、交换工程、通信网专业的大学生、研究生以及从事上述各项专业的研究人员。

现代交换系统工程

秋丸 春夫 著

池田 博昌

杜光东 译

文成义 刘增基 审校

叶德福 责任编辑

西安电子科技大学出版社出版发行

西安空军工程学院印刷厂印刷

新华书店经销

开本 850×1168 1/32 印张 9 16/32 字数 228 千字

1992 年 8 月第 1 版

1992 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—2000

ISBN 7-5606-0217-7/TN·0068

定价:6.50 元

译者的话

交换技术是近年来发展极快的一门技术,它已打破了传统的电话交换的范围,能够为各种业务(话音、数据、图像)提供综合服务,并逐渐成为现代交换的发展趋势。然而,目前国内,系统完整地介绍这方面内容的书籍还不太多,与国外大量的专著相比,往往令我国的研究人员和通信爱好者有杯水车薪之感。为此,我们组织翻译了这本《现代交换系统工程》。

原著的作者秋丸春夫先生和池田博昌先生均为日本著名的通信网和交换系统专家。秋丸春夫教授长期从事交换系统理论设计的研究和教学工作,组织开发了共路信令系统和图像交换系统。著书有《纵横 C8 方式》、《现代交换工程概论》、《概率论基础》、《通信业务工程》、《现代交换系统工程》等。并为日本读者翻译了“Analysis and Synthesis of Computer Systems Academic Press”。近年来还发表了数十篇学术论文。池田博昌博士是日本 NTT 交换系统研究所所长,长期从事通信网和交换系统的实用研究工作,组织开发了时分交换系统、TDMA 卫星交换控制系统、INS—V2 系统等。两位作者都希望将本书介绍给中国读者,并对本书的翻译给予了极大的关心和支持。在此,我们对秋丸春夫先生和池田博昌先生表示深深的感谢。

该书语言流畅、自然,阐述概念清晰、简洁,同时内容又非常丰

富,涉及到交换系统的各个方面,通过阅读这本书,读者能在较短的时间里,理解交换技术的概念,掌握各种交换技术的关键所在,把握交换技术的发展方向。本书兼有理论和实用价值,也是一本交换系统入门书。

——由于近年来交换技术发展神速,因而在我国,许多名词的译法还没有规范,译者只能在目前通用的译法中挑选较适当的使用。在翻译过程中,对原著中的一些错误进行了订正,对原著中叙述得不够明确的地方,也加了注释。虽然,我们尽了很大努力,但限于水平,译文中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

本书的翻译得到西安电子科技大学 108 教研室许多老师的帮助和关心,在此表示感谢。周荟、翁颖、徐红琴等同学帮助整理文稿,做了大量工作,博士生赵预彪同学对本书中的习题解答全部进行了校对,保证了本书的准确性,借此机会,一并表示感谢。

当我们将眼光伸向遥远的星空,并期待着从中折射出未来景象的时候,我们希望在那时的祖国建设中,我们终生努力的通信事业能够巨擘般地支撑起现代化的大厦。对于译者来说,如果本书的翻译成为其中的一沙一石,也就感到欣慰了。

特别要感谢我的恩师刘增基教授,几年来,我的每一步成长,都不同程度地受益于他的帮助,没有他的指导,这本书是永远不可能付梓的。

译者

于西安电子科技大学综合业务网
理论与关键技术国家重点实验室

1992 年 2 月 25 日

序

交换系统随着电话的发展而逐渐发展起来。在一个世纪内,它经历了人工交换、电磁交换以及电子交换等各个阶段,由最初的模拟交换发展到现在的数字交换。随着信息社会的进一步发展,需要交换的通信业务不仅仅局限于电话,还将包括数据、图像、计算机通信等等。交换系统将作为目前和未来通信系统的核心,起到重要的作用。

笔者曾写过以电话交换为主要内容的《现代交换工程概论》,本书是在《现代交换工程概论》的基础上,追加了有关数据、图像、计算机通信的内容后完成的。

本书主要由7章构成。第1章叙述了交换系统的特点、交换技术的发展过程以及未来展望;第2章介绍了通信网的一些基本情况;第3章对交换系统设计的数学基础——通信业务理论进行了介绍,并从实用角度出发,给出了许多重要公式;第4章介绍了交换局之间以及交换局与用户(终端)之间的连接控制方式,即很早就已使用的信令方式和近些年广泛使用的通信协议(通信规约),通信协议主要用于计算机通信。

在前4章的基础上,第5章通过具体实例,向读者介绍了几种不同交换系统的交换过程。第6章和第7章分别介绍了交换系统两个主要的子系统,即通路系统和控制系统的构成和设计方法。

学习本书的必备知识是工科高等数学和概率论基础。本书可作为教科书使用,各章都安排了相应的习题,部分习题的答案附在书末,以往的许多著作都将例题和习题需要用到数表作为附录放在书末,但考虑到目前计算机的普及,并且为了节省篇幅,本书用基本公式的源程序(BASIC)代替数表,并将源程序收录在附录中。这些源程序充实了以往数表的内容,我们期望这些程序在交换系统的分析和最优设计中能够得到广泛应用。

近些年来,LSI、光纤通信以及计算机等的飞速发展,带来了交换技术和交换系统日新月异的变化。本书为了把握交换技术的主流,以较为成熟的实用系统为主进行介绍,对目前正在研究的一些新技术只是简单涉及。但我们认为通过掌握本书的内容,将对未来新的交换系统的理解和开发起很大的作用。

在完成本书的过程中,参考了许多著作和文献,其中的主要部分已附在书末,在此对各位作者表示感谢。本书书稿的完成得到了日本丰桥科技大学的奥田隆史先生以及 NTT 研究所的大宫知己、村上龙郎两位先生的大力协助,在国际通信网方面得到 KDD、的森弘道先生许多教导,在此一并表示感谢。

秋丸 春夫

池田 博昌

1990年2月

目 录

第1章 绪论	1	[2] 国际数据网	38
1.1 交换系统的特点	1	习题	40
1.2 交换技术的发展	4	第3章 通信业务理论	41
[1] 人工交换	4	3.1 基本概念与符号	41
[2] 电磁交换	6	[1] 呼叫量	41
[3] 电子交换	12	[2] 呼叫的产生和结束	42
习题	17	[3] 业务模型分类	44
第2章 通信网	18	[4] 基本关系式	46
2.1 电话交换网	18	3.2 实时型马尔可夫模型	47
[1] 网络结构	18	[1] M/M/S(0)	47
[2] 编号计划	20	[2] M(n)/M/S(0)	50
[3] 计费方式	21	[3] 呼损率和线路效率	52
[4] 路由	23	[4] 爱尔兰B式的计算方法	57
[5] 网络质量	24	3.3 等待型马尔可夫模型	59
2.2 数字交换网	25	[1] M/M/S	59
[1] 概述	25	[2] 等待时间分布	61
[2] 电路交换网	27		
[3] 分组交换网	29		
[4] 综合业务数字网	32		
2.3 国际通信网	35		
[1] 国际电话网	35		

[3] 扩展模型	63		95
3.4 非马尔可夫模型	66	[3] 局间信令方式	98
[1] 更新过程	67	4.3 数据传送基本技术	103
[2] 泊松输入任意占用时间模型	69	[1] 传送控制规程	103
[3] 更新输入指数占用时间模型	70	[2] 差错控制	107
[4] 任意模型	72	[3] 监控方式	112
3.5 迂回中继系统	75	[4] 流量控制	114
[1] 等价随机法	75	[5] OSI 基本参考模型	115
[2] GI 呼叫近似法	77	4.4 数字交换协议	119
[3] 最佳迂回中继	79	[1] 电路交换网	119
3.6 多输入系统	81	[2] 分组交换网	120
[1] 多元业务模型	82	[3] 综合业务数字网	124
[2] 具有优先权的等待队列模型	83	4.5 共路信令协议	129
[3] 多重等待队列模型	85	[1] 共路信令方式	129
[4] 更新、泊松复合输入模型	86	[2] 信令格式	130
[5] 实时、等待复合模型	87	[3] 差错控制方式	134
习题	89	[4] 呼叫处理方式	135
第4章 信令方式和协议	91	[5] 共路信令网	138
4.1 概述	91	4.6 LAN 协议	141
4.2 电话交换信令方式	92	[1] 概述	141
[1] 呼叫连续和信令方式	92	[2] CSMA/CD 方式	143
[2] 用户线信令方式	92	[3] 令牌传送方式	146
		[4] 其它方式	150
		习题	151
		第5章 交换系统	152
		5.1 模拟交换系统	152
		[1] 纵横交换机	152
		[2] 典型的连接动作	152

.....	158	[3] 链路方式话路	198
[3] 模拟电子交换机	161	[4] 话路的最佳设计	208
5.2 数字交换系统	167	6.2 时分话路	213
[1] 概述	167	[1] 概述	213
[2] D70 交换机	167	[2] 话务量设计	215
[3] No. 5 ESS	170	[3] 用户电路	220
[4] 改进型 D50 交换机	172	[4] 中继电路	223
5.3 分组交换系统	174	[5] 话路部件	224
[1] 概述	174	6.3 ISDN 话路	228
[2] D51 交换机	175	[1] 多元速率话路	229
[3] 典型的连接动作	177	[2] 用户线传送方式	232
5.4 ISDN 交换系统	178	[3] 信令设备	233
[1] 概述	178	习题	235
[2] D70 ISDN 交换机	179	第 7 章 控制系统	236
[3] 复合光纤用户系统	181	7.1 概述	236
5.5 新业务交换系统	183	7.2 存贮程序控制	238
[1] 概述	183	[1] 基本原理	239
[2] 汽车电话交换系统	184	[2] 处理设备	241
[3] 自由拨号系统	185	[3] 处理动作举例	243
[4] 传真通信系统	187	[4] 多处理器系统	246
习题	188	7.3 电子交换机软件	247
第 6 章 话路系统	190	[1] 概述	247
6.1 空分话路	190	[2] 呼叫处理程序	249
[1] 话路开关	190	[3] 维护运行程序	253
[2] 无阻塞话路	195	[4] 程序描述语言	257
		[5] 控制功能分析	264
		7.4 通信处理系统	270
		[1] 概述	270
		[2] 网络服务控制	272
		[3] 通信处理服务举例	272

习题	276
参考文献	278
附录	281
部分习题答案	289

1.1 绪论	276
1.2 汉文下世	278
1.3 汉文上世	281
1.4 汉文下世	289
1.5 汉文上世	291
1.6 汉文下世	293
1.7 汉文上世	295
1.8 汉文下世	297
1.9 汉文上世	299
1.10 汉文下世	301
1.11 汉文上世	303
1.12 汉文下世	305
1.13 汉文上世	307
1.14 汉文下世	309
1.15 汉文上世	311
1.16 汉文下世	313
1.17 汉文上世	315
1.18 汉文下世	317
1.19 汉文上世	319
1.20 汉文下世	321
1.21 汉文上世	323
1.22 汉文下世	325
1.23 汉文上世	327
1.24 汉文下世	329
1.25 汉文上世	331
1.26 汉文下世	333
1.27 汉文上世	335
1.28 汉文下世	337
1.29 汉文上世	339
1.30 汉文下世	341
1.31 汉文上世	343
1.32 汉文下世	345
1.33 汉文上世	347
1.34 汉文下世	349
1.35 汉文上世	351
1.36 汉文下世	353
1.37 汉文上世	355
1.38 汉文下世	357
1.39 汉文上世	359
1.40 汉文下世	361
1.41 汉文上世	363
1.42 汉文下世	365
1.43 汉文上世	367
1.44 汉文下世	369
1.45 汉文上世	371
1.46 汉文下世	373
1.47 汉文上世	375
1.48 汉文下世	377
1.49 汉文上世	379
1.50 汉文下世	381
1.51 汉文上世	383
1.52 汉文下世	385
1.53 汉文上世	387
1.54 汉文下世	389
1.55 汉文上世	391
1.56 汉文下世	393
1.57 汉文上世	395
1.58 汉文下世	397
1.59 汉文上世	399
1.60 汉文下世	401
1.61 汉文上世	403
1.62 汉文下世	405
1.63 汉文上世	407
1.64 汉文下世	409
1.65 汉文上世	411
1.66 汉文下世	413
1.67 汉文上世	415
1.68 汉文下世	417
1.69 汉文上世	419
1.70 汉文下世	421
1.71 汉文上世	423
1.72 汉文下世	425
1.73 汉文上世	427
1.74 汉文下世	429
1.75 汉文上世	431
1.76 汉文下世	433
1.77 汉文上世	435
1.78 汉文下世	437
1.79 汉文上世	439
1.80 汉文下世	441
1.81 汉文上世	443
1.82 汉文下世	445
1.83 汉文上世	447
1.84 汉文下世	449
1.85 汉文上世	451
1.86 汉文下世	453
1.87 汉文上世	455
1.88 汉文下世	457
1.89 汉文上世	459
1.90 汉文下世	461
1.91 汉文上世	463
1.92 汉文下世	465
1.93 汉文上世	467
1.94 汉文下世	469
1.95 汉文上世	471
1.96 汉文下世	473
1.97 汉文上世	475
1.98 汉文下世	477
1.99 汉文上世	479
1.100 汉文下世	481

绪 论

交换系统随着电话的发展而逐渐发展起来。目前,交换系统担当着包含电话、数据、图像等业务在内的通信网的中心任务。本章叙述交换系统的特点以及从人工交换到电子交换的演变过程。

1.1 交换系统的特点

1876年,美国人贝尔发明了电话,在此之后的一个多世纪内,电话得到迅猛发展,成为现代社会不可缺少的重要工具,电话的英文名称为 telephone,是相隔一定距离进行语言交流的手段,其原理如图 1.1 所示,它是由终端(电话机)和终端间的传输线组成的。随着传输技术的发展,在长距离间进行经济且高质量的通话已不

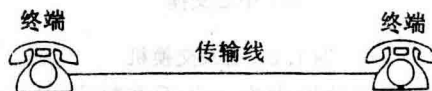
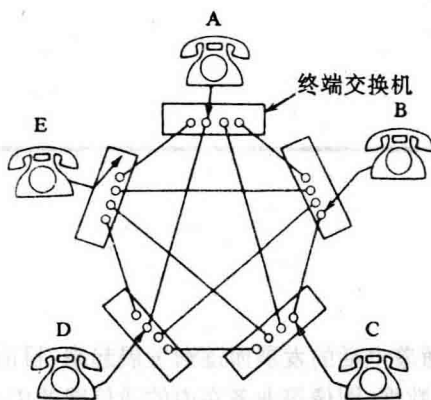


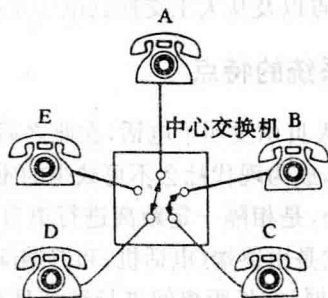
图 1.1 电话基本原理

存在任何问题。但图 1.1 所示,仅为两个终端之间的通信,为了能够在多个终端间进行通话,必须引入交换技术。

如果按图 1.2(a)那样,使 n 个终端间两两都能通话,则传输线路数为 $N = n(n-1)/2$ 。例如 $n = 1\ 000$ 时, $N = 499\ 500$,终端



(a) 终端交换



(b) 中心交换

图 1.2 引入交换机

数继续增多,传输线路数将成为一个天文数字,从经济角度考虑,这是不允许的。因此考虑按图 1.2(b)那样引入交换机,此时 $N = n$,这样不仅降低了传输线总成本,而且还可把分散在各终端的交换功能集中到交换机上。一般把由终端、传输线、交换机构成的系

统称为通信网,交换机在通信网中起着重要作用。为了设计交换系统,必须了解通信网方面的有关知识。第2章中,我们将对通信网进行简要介绍。

如果按照图 1.3 那样,在两个交换机 A、B 上分别连接 1 000 台电话机,那么 A、B 之间传输线(中继线)数 s 应该为多少呢? 极端的情况是交换机 A 的 1 000 台电话同时都需要接通交换机 B 的

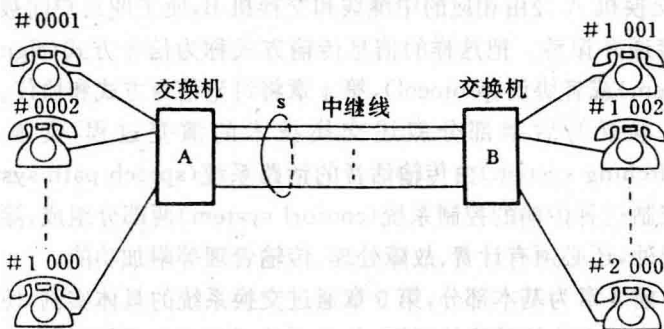


图 1.3 引入中继线

1 000 台电话,这时必须使 $s = 1\,000$,但电话的使用情况服从统计规律,这种同时通话的极端情况发生的可能性极小。另一个极端是 $s = 1$,这时中继线非常容易阻塞,不能满足用户需要。如果假设每部电话机的利用率为 10%(每小时有 6 分钟在通话),为了保证有 99% 的概率进行通话, s 应该为 64(参看例 3.1)。因此,利用电话使用的统计规律,可以降低中继线的成本,同样的方法,也可以对构成交换机的设备数进行设计。交换系统设计的理论基础是通信业务理论(见第 3 章),这是交换技术的基本理论。

交换机的基本功能是沟通终端或线路间的话路,此外,还附带计费以及其它一些服务功能。在初期的人工交换机中,这些功能是借助话务员的手和脑来完成的,而电磁式交换机和现代的电子交换机由于采用继电器逻辑电路乃至电子计算机代替人脑,从而

实现了自动化,因此具有一定的“人工智能”。

在图 1.3 中,考虑 #0001 号话机呼叫 #2000 号话机的情况。这时, #0001 称为主叫用户, #2000 称为被叫用户,主叫用户必须用某种手段向交换机表达希望同某一被叫用户通话。在人工交换机中,这种愿望是由话务员口头传达的。在自动交换机中,主叫用户使用拨号盘,把相当于被叫用户 #2000 的号码信息送到交换机 A,交换机 A 经由相应的中继线和交换机 B,使主叫用户同被叫用户接通并振铃。把这样的信息传输方式称为信令方式(signaling system)或者协议(protocol),第 4 章将讨论信令方式和协议。

本章的后半部分叙述交换技术的演变过程,交换系统(switching system)由传输话音的话路系统(speech path system)和控制这种传输的控制系统(control system)两部分组成,除基本功能外,还必须有计费、故障处理、传输管理等附加功能。

前 4 章为基本部分,第 5 章通过交换系统的具体实例,使读者对交换机有比较具体的了解。作为交换系统的子系统,第 6 章讨论话路系统,第 7 章讨论控制系统。

随着通信业务的发展,除电话交换外,又开发了数据通信和图像通信交换技术,并且将这些交换技术综合在一起组成综合业务数字网(integrated service digital network; ISDN),ISDN 正在开发之中。

1.2 交换技术的发展

[1] 人工交换

电话的发明,使人类获得了远距离通话的手段,之后,人们又提出了更高的要求,希望能任意选择通话对方。

发明电话后的第二年,即 1877 年,在波士顿首先开始了电话交换业务,当时的人工交换机仅仅由简单的转换开关构成。如图

1.4 所示,人工交换机通过话务员,把希望谈话的双方连接起来。

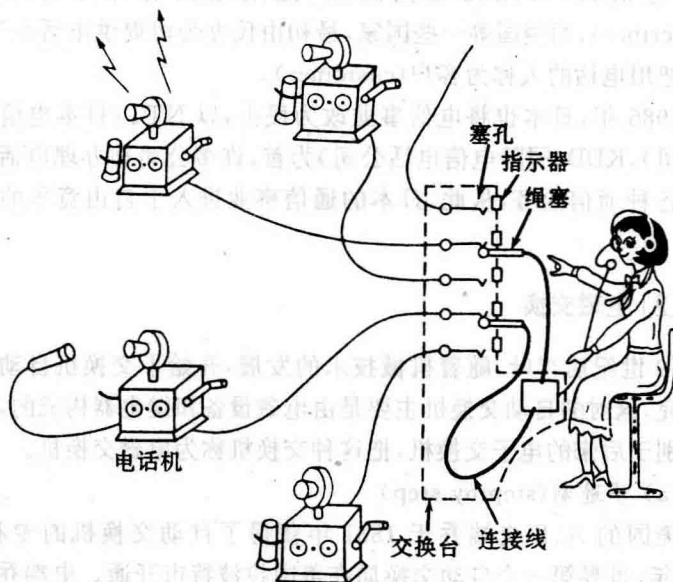


图 1.4 人工交换机原理

人工交换机分为磁石式和共电式两种。所谓磁石式,是当用户摇电话机的摇柄时,用从发电机产生的信号表示发信号;而共电式则把所有的电源都集中在交换局,用户摘或放话筒,都可在交换台的指示灯上显示出来。

日本最初于 1877 年进口了两部电话机^①,1890 年在东京和横滨间为大约 220 个用户开发了交换业务。从此,人工交换进入全盛时期,直至 1926 年研究出自动交换机。

① 译者注:由于本书原著作者为日本人,因此全书举例以日本体系为主。

英、日等国最初的电话业务是官办的,利用电话的人根据契约租用电话机,因此在这些国家,把用电话的人称为用户(subscriber);而美国等一些国家,最初由民办公司提供电话业务,因此把用电话的人称为客户(customer)。

1985年,日本也将电信事业改为民办,以NTT(日本电信电话公司),KDD(国际电信电话公司)为首,许多公司都办理电话和其它各种通信业务,从此,日本的通信事业进入了自由竞争的年代。

[2] 电磁交换

19世纪后半叶,随着机械技术的发展,开始了交换机自动化的研究,这时的自动交换机主要是由电磁设备和继电器构成的,为了区别于后来的电子交换机,把这种交换机称为电磁交换机。

(a) 步进制(step by step)

美国的A、B史端乔于1881年获得了自动交换机的专利。1892年,世界第一个自动交换局在美国拉波特市开通。史端乔制使用用户拨号盘发送来的拨号信令,直接驱动十进制选择器,接通所希望的电话机,把这种逐级建立话路方式称为步进制(S×S制)。步进制的组成结构如图1.5所示,其中的主要设备——选择器的结构如图1.6。步进制的控制方式有直接方式和间接方式两种,直接方式除史端乔制外,还有法国的西门子制和英国2000号等方式。

间接方式的代表例子是引导制。引导制一般使用于已经有人工交换系统的大城市。在人工交换时代,每一交换局都有固定的名称,在自动交换时代,电话局的名称改为十进代码。然而,采用十进代码这一设想在当时受到用户的抵制,因此只好通过兼有字母和数字的拨号盘,采用了只拨电话局的简略字母代号的方法,把对应于这些字母的数字脉冲存贮起来,经选择器送出相应的号码。1922