

联机原理 及应用设计

叶 澍 编著



中国铁道出版社

联机原理及应用设计

叶 滢 编著

中 国 铁 道 出 版 社

1985年·北京

Alco 15

内 容 简 介

本书共九章，从内容上大致可划分三部分。第一至三章为第一部分，简要地介绍了通信硬件及软件的工作原理，这是计算机联机应用设计的基础。第四至七章为第二部分，从程序设计的角度着重介绍了计算机联机应用软件的实现途径。第八至九章为第三部分，从系统设计的角度介绍了计算机联机系统的总体结构及若干系统设计算法，并给出了有关算法的定量分析。本书的特点是：实用性强、条理清晰、深入浅出、易于阅读。

本书可供从事计算机应用的技术人员及大专院校有关专业师生学习参考。

联机原理及应用设计

叶 游 编著

中国铁道出版社出版

责任编辑 郭 宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：7.375 字数：166 千

1985年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—4,000册 定价：1.35元

前 言

计算机联机系统是计算技术与通信技术相结合的产物，它和数据库系统一起，作为七十年代以来信息处理的有力工具，正在计算机各种应用领域中发挥着相当重要的作用。与传统的成批处理系统相比，联机系统以其特有的优点赢得了越来越多的用户。联机系统在计算机各种应用领域中所占有的比重正在逐步超过成批处理系统而处于领先地位。在由成批处理向联机转变的过程中，出现了一系列新课题：首先必须研制出联机所要求的计算机硬、软设备（亦称通信硬件、通信软件）；其次，需要根据用户所面临的各类业务背景，选配具有一定功能的通信硬件、软件，并需要设计联机应用软件，从而开发出一个完整的面向用户的计算机联机系统。本书正是围绕着这些课题而撰写的。考虑到通信硬件、软件往往作为计算机制造厂的产品直接供用户使用，因此本书仅简明地阐述它们的工作原理及功能未涉及其内部实现方法。作为重点，本书较详尽地介绍了联机系统应用设计中的各个主要环节及其实现途径。也就是说，本书主要面向应用系统设计者及应用程序员。

本书以上海计算技术研究所举办的“信息处理应用系统”短训班教材为基础改编而成。撰写过程中参阅了美国、日本、英国有关的专著及教科书，从中吸收了一些国际上较先进的技术。同时也结合了本人从事信息处理工作以来所积累的实践经验与体会。考虑到尽可能为更多的读者服务，在选材方面注意超脱出具体的计算机系列型号和个别用户的业

务背景，而致力于描述较为普遍的设计思想和实用算法，以便使本书内容具有一定的通用性。

王景寅、钱鹤副研究员以及杨人魁等同志分别审阅了本书有关章节。铁道部所属有关计算中心、大专院校以及全国其他部门一些曾参加过“信息处理应用系统”短训班的同志亦对本书提出过不少宝贵的意见和建议。对于上述同志们的支持和帮助，在此表示衷心感谢。

限于作者水平，书中难免会有谬误及欠妥之处，恳切希望得到读者批评指教。

上海计算技术研究所 叶 澹

1984年7月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 系统的组成.....	2
第二节 运行方式.....	4
第三节 发展动向.....	7
第二章 数据通信及终端设备	9
第一节 通信规程.....	10
第二节 通信线.....	20
第三节 通信控制器.....	25
第四节 终端设备.....	31
第三章 报文控制方法	35
第一节 通信设备管理.....	37
第二节 报文编辑选道.....	39
第三节 队列控制.....	42
第四节 通信软件工作流程示例.....	53
第五节 通信软件的高级功能.....	55
第四章 三种程序设计语言	64
第一节 NDL	65
第二节 ODL	70
第三节 COBOL数据通信功能.....	77
第五章 实时响应	101
第一节 各类报文处理模式	101
第二节 报文的解析与生成	104
第三节 交互式会话及容错性	109

第四节	实时文件	116
第六章	故障恢复	127
第一节	故障分析	127
第二节	全系统故障恢复	130
第三节	快速恢复	144
第四节	线路、终端故障恢复	147
第七章	运行控制	151
第一节	总调度程序	151
第二节	系统装入和启动	155
第三节	系统停止和退出	158
第四节	系统重运行	164
第八章	系统总体结构	167
第一节	应用软件模块划分	167
第二节	逻辑通信网设计	173
第三节	物理通信网设计	185
第九章	系统设计算法及其定量分析	191
第一节	报文队列模式及其统计测度	191
第二节	响应时间	203
第三节	可靠性及其统计测度	209
第四节	通信线路网的结构优化	217
第五节	通信传输块的差错校验	223

第一章 概 述

无论在早期的手工操作方法中，还是后来的成批处理系统中，计算机程序及原始数据都需要经过收集整理，成为穿孔纸带、卡片，再集中到中央计算机（以下简称中央机）机房内输入；而加工后的结果信息也只能由中央机的打印设备予以输出，然后发送出去。这就是说，计算机所能直接处理的信息数据被局限在中央机机房内，而它们的收集、发送都需由手工来完成。随着科学技术水平的飞速提高，精神、物质文明的不断丰富，当今世界正逐步进入信息化的社会，从而迫切要求建立更及时有效的信息处理系统。在这样的背景下，逐渐形成了一种以计算技术与通信技术相结合的新的信息处理系统，即联机系统（亦称数据通信系统）。远距离的信息通过数据通信线和终端设备直接进入中央机机房，加工处理后再返回所需要的地方。显然，联机系统使计算机的“触角”冲破了中央机机房的局限，它不再仅仅处理信息，而且能直接干预信息的收集与发送。目前，联机系统在国际上已获得了广泛地应用：在各类商业交通服务部门（如飞机订票、火车订票、银行存取款、图书管理、保险业务等），联机系统把信息、情报高度集中起来，并随时迅速地回答用户所提出的询问。在工矿企业中，联机系统使得“产、供、销”各个环节多个部门能相互有机地组合成一个总体，把分散在各处的业务集中处理，大大提高了工作效率。在工程设计部门、科研单位、高等院校等利用联机系统，在同一时间内可以远距离地通过终端进行科学计算，并直接取得计算结

8610620

果。总之，联机系统的出现，开拓了大量新的计算机应用领域，相应地也提出了计算机应用系统设计中的种种新课题。

第一节 系统的组成

联机系统的组成可分成硬件及软件两部分：

1. 硬件

图 1—1 为联机系统硬件组成示意图。图中包括如下部分：

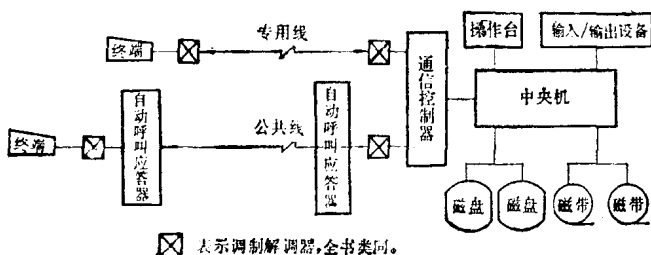


图 1—1

(1) 终端设备：这是联机系统所特有的一种外部设备。它与一般计算机外部设备的差别在于不是通过近距离的多股电缆线与中央机相联接，而是通过远距离的数据通信线与中央机相联接。这样用户便可在远距离外利用终端设备与中央机交换信息。

(2) 通信设备：它包括公共或专用通信线、调制解调器及自动呼叫应答器等。

(3) 中央机及其外部设备。

(4) 通信控制器：位于通信设备与中央机之间，它是一种接口设备。

2. 软件

图1—2为联机系统软件组成示意图。图中包括如下部分：

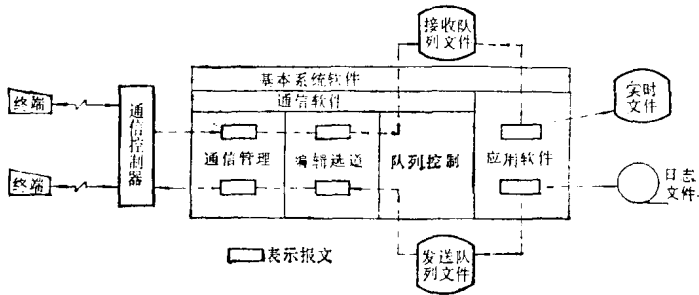


图 1-2

（1）基本系统软件：这是联机与成批处理都必须具备的基本的计算机操作系统，通常包括作业管理、任务管理、语言编译、文件管理以及各类服务程序。

（2）通信软件：作为计算机系统软件的一部分通常由计算机厂家负责提供。这种软件也称为报文控制系统或通信控制系统，它通常包括通信设备管理、编辑选道、队列控制这三大基本功能模块。此外不少终端也配有一定的专用软件。

（3）应用软件：它由应用系统设计者、应用程序员（以下简称系统设计者、程序员）负责设计。不同的应用背景下，应用软件的具体内容是不同的。但一般可划分为实时响应、故障恢复、运行控制等三大功能模块。

（4）文件：一般包括以下三种：队列文件（用于存放来往的通信数据）；日志文件（用于跟踪应用程序运行）；实时文件（用于存放业务数据）。

从图 1-2 中不难发现来往于中央机与终端之间的通信数据是贯穿于整个联机软件的主要信息流。可以说，软件的全部工作都是围绕着它进行的。通常，把通信数据的一个逻辑单位称为“报文”，即终端用户按一次送信键所送出的终

端显示屏上的一批数据字符集，或应用程序执行一次发送（SEND）语句所送出的数据存储区内的一批数据字符集。

第二节 运行方式

联机系统具有多种运行方式。从硬件组成上可划分为：联机与脱机；从应答时间上可划分为：实时与延时；从应用方法上可划分为：事务处理型、远程作业进入型及分时型。

1. 联机与脱机

如图 1—1 所示，典型的联机系统中，终端设备与中央机通过通信设备及通信控制器联接在一起。这种方法一般称为联机方式。然而在有些联机系统中，终端并不直接与中央机相联接，而是与中央机机房内的另一个终端相联接，然后由操作员通过卡片、纸带或软盘进行中央机与终端间的数据交换。这种方法一般称为脱机方式。早期的联机系统实际上大都是以脱机方式进行的。

2. 实时与延时

从终端按送信键开始，经中央机处理，到终端显示屏上出现第一个回答字符为止，这整个过程所需的时间称为系统响应时间。不同的应用背景对响应时间的要求是不同的。所谓实时，一般指响应时间在 10~20s 以内。例如：

雷达导弹跟踪系统 10~50 μ s

火车、汽车运输系统 1s

火车、飞机票预约系统 5s

资料检索系统 10s

仓库管理系统 10~20s

所谓延时，一般指允许系统延缓一段时间再作回答。例如，某公司规定其分布在下各地的下属营业所每天晚上把营业额由终端送入中央机主文件中，然后中央机对这些信息加以

成批处理，第二天清晨再把统计报表及新的销售计划等发送给各营业所。

3. 三种处理类型

所谓处理类型，主要是从联机的应用方法上划分的。

(1) 事务处理型

这种类型适用于日常企、事业管理，各类查询预约服务等。其特点：一是应用软件相当复杂，需事先装入中央机内，终端用户仅输入原始数据即可获得结果，而不必当场输入应用程序，更不必了解应用程序的内部结构；二是各应用程序间密切相关，组成一个统一整体，允许每个终端交替地使用其中任一应用程序；三是要求较短的响应时间，因此亦可把它称为实时型。严格地说，实时一般分成实时信息处理、实时控制两类，后者属过程控制范畴。

(2) 远程作业进入型

这种类型适用于科学运算。终端用户必须同时把作业运行说明书〔用作业控制语言(JCL)书写〕、应用程序、原始数据一起送入中央机，经过成批处理后，再根据预定的时间把计算结果送回终端。这类用户不必直接到远距离的中央机房便可使用计算机。这种处理类型在国外大学、研究单位等已广为采用。这里，可将成批处理方式工作的应用程序直接在终端上使用。或者说，远程作业进入型应用程序的编制方法与成批处理程序是完全相同的。用户只是把终端看成中央机操作台的延伸而已。这种处理类型要求配备专用的远程作业进入通信软件。

(3) 分时型

这种类型适用于程序调试、科学计算以及查询服务等。其特点是，为了各自目的的多个终端用户同等地使用一台中央机，基本操作系统以“时间片”方式在各个特定时间间隔

内使各终端所对应的应用程序轮流运行。由于中央机能及时响应各终端用户的要求，因而使他们感到整个计算机资源似乎为其所独占那样。换言之，分时系统直接为每个终端用户提供了一台仅面向其本人的虚拟计算机。用户以会话方式进行各自应用程序的动态调试，或作其他各种计算。这里，各应用程序间一般是相互独立的，各终端只能使用自身所对应的那个应用程序。因而分时系统中应用程序的结构基本上与成批处理程序相似。分时系统具有较强的会话能力，这一般由专设的分时系统软件及会话语言（如 BASIC）所提供。实时系统中的交互式会话需由应用程序自己形成，因而其会

表 1—1

处理类型	事务处理型(实时型)	远程作业进入型	分 时 型
用 途	信息处理为主	科学运算为主	(多种用途)
脱机/联机	联机为主	脱机、联机均有	联 机
实时/延时	实时为主	延 时	实时、延时均有
与终端的对应	多个应用程序对应多个终端	一个应用程序对应一个终端	一个应用程序对应一个终端
会话能力	由应用程序提供	(无)	由分时系统软件提供
通信软件组成	基本模块	基本模块 + 远程作业用软件	基本模块 + 分时用软件
终端用户输入内容	数 据	作业控制说明书、应用程序、数据	应用程序、数据
应用程序设计者	专业应用软件人员	终端用户	终端用户
应用程序特征	1. 使用专门的数据通信语句 2. 一个作业由多个应用程序所组成，各程序间密切相关，自成一应用系统 3. 应用程序常驻主存	1. 与成批处理中的应用程序结构相同 2. 应用程序运行结束后即退出主存	1. 与成批处理中的应用程序结构类似 2. 应用程序间相互独立 3. 应用程序运行结束后即退出主存

话能力相对弱些。但分时系统的响应时间一般不如实时系统那么短，而且其应用程序间并不具备实时系统应用程序间那样密切的联系。

表1—1归纳了以上三种处理类型的主要区别。从表中可见，远程作业进入型、分时型要求基本系统软件、通信软件具有更强的功能，但它们应用程序的结构与成批处理基本相同。因此，所谓联机系统的应用设计，主要是针对事务处理型，即实时型而言的。

第三节 发 展 动 向

联机系统自70年代以来得到了广泛的应用，目前正沿着如下几个方面处于不断发展之中：

1. 通信软件的标准化

当初通信软件是由各系统设计者分别自行开发的，其一般仅适用于自身的应用背景，而且往往与联机应用程序结合在一起。渐渐地它与应用程序相分离，独立形成一种如同语言编译、数据管理那样的标准系统软件，能适应各类应用的需要，从而大大便利了联机系统的设计，缩短了开发时间。目前通信软件正朝着国际化的方向发展。因此，国际上著名的计算机系列中都备有一整套完善的通信软件。

2. 与数据库管理系统相结合

数据库是70年代蓬勃发展起来的一门计算机软件新专业。它同联机系统一起，作为信息处理的有力工具，正在发挥着越来越大的作用。以往数据库管理系统和通信软件的研制开发是相互独立进行的，因而以它们为基础所建立的应用系统也很难构成一个统一体，这是很大的弱点。目前世界上已有不少公司成功地把两者结合在一起，提高了信息处理的能力。

3. 前端通信处理机与中央机相分离

当初的通信软件一般都与基本系统软件、应用软件同时在中央机内运行，这样一方面使中央机的利用率下降，另外也使硬件成本上升。因此目前已有不少计算机系列把通信软件移入一小型机内（常称为前端通信处理机），以减轻中央机的负荷，提高整个计算机系统的处理效率。

4. 计算机网络

联机系统仅仅是一台主计算机与多个终端相联接，因而亦称为面向终端的计算机网。从这个思想出发，发展到把各主计算机再联接起来，从而构成一个更大的通信网，称为计算机通信网络。网络是联机演化的高级阶段，也是目前计算机工程的主攻方向之一。

第二章 数据通信及终端设备

联机系统的运行是通过中央机与终端设备间数据信息传输来实现的。这种数据信息传输称为数据通信，它是联机系统区别于成批处理系统的显著标志。在联机系统中必须配备专门的通信设备、通信控制器及一定数量的终端设备。它们如同其他计算机硬件一样，通常由计算机制造厂直接提供。对系统设计者来说，重要的是了解这些硬件的性能、工作原理及使用方法，从而进行合理地选择，以组成一个适合于自身应用背景的、完整的数据通信网。

图 2—1 是一个数据通信网示意图。图中包括如下部分：

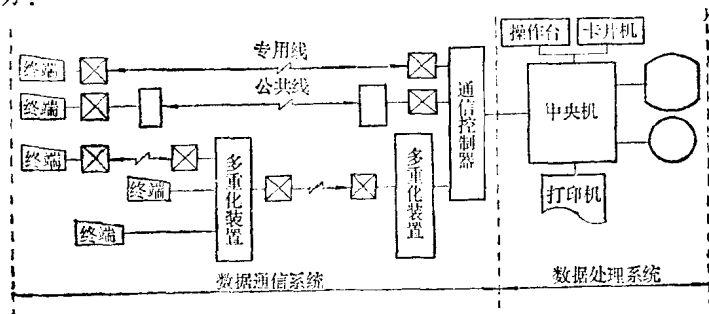


图 2—1

（1）通信线：数据信息经由通信线来往于中央机及终端之间。这里所谓专用线，是指由用户敷设的，且仅为一个终端所独占的通信线。所谓公共线，常指公共电话线、电报线或为多个终端所公用的通信线。

(2) 调制解调器: 即数据信号与电话线传输信号间的变换器与反变换器。

(3) 自动呼叫应答器: 仅用于公共电话线路, 其作用类似于自动电话拨号机。

(4) 多重化装置: 当多个终端共享一条通信线与中央机相联接时, 可以在通信双方各配备一个多重化装置, 解决在一条线路上传输多个信号的问题。

(5) 通信控制器: 为了实现中央机与终端的联接, 需插入一个中间控制装置, 用于对数据信息收发进行控制。其功能为: 线路控制、传输控制与中央机的接口等。

综上所述, 从硬件的角度来看, 通信线、通信控制器、终端设备这些都是成批处理系统中所没有的, 而它们在联机系统中却是必须具备的重要组成部分。下面先介绍数据通信中所必须遵循的通信规程, 然后分别论述通信线、通信控制器及终端设备的工作原理及其功能。

第一节 通 信 规 程

通信规程亦称数据通信控制规程。其内容包括数据通信阶段、传输控制符、报文格式、同步方式、数据编码以及差错校验等。通信规程分为面向字符型和面向比特 (bit) 型两大类, 以下着重介绍前者。

一、面向字符型的通信规程

面向字符型的通信规程是60年代就发展起来的, 已获得了广泛地应用。其特点是规定10个字符作为传输控制专用符。这里介绍国际标准化组织及我国电子工业部的基本型控制规程。

1. 数据通信阶段