

# 微型计算机 局部网络 OMNINET文集

张公忠 唐永连 戴梅萼 刘兵 田开亮

OMNINET OMNINET OMNINET OMNINET

清华大学出版社

-53

1

# 微型计算机局部网络 OMNINET文集

张公忠 唐永连 戴梅萼 刘兵 田开亮

清华大学出版社

## 内 容 简 介

本文集共分8章及附录,内容包括:OMNINET的组成及其通信机制;传输器的设计和研究;网络资源管理站的结构与原理;网络系统软件;网络的资源共享;网络上利用信息渠道区的用户通信;网络的分布式系统软件的设计与研究;网络下的MS-DOS及网络编程指南。

本文集对于从事研制计算机系统结构及计算机网络的工程技术人员是一份有价值的参考资料,是大专院校有关课程的教学参考书。

### 微型计算机局部网络OMNINET文集

张公忠 唐永连 戴梅萼 刘兵 田开亮

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

轻工出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.5 字数: 345千字

1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷

印数: 00001—6000

书号: 15235·270 定价: 3.20元

# 前 言

OMNINET是我国目前较为流行的一种引进的微机局部网络。对于引进的技术进行分析消化,然后再开发创新。这是一条正确的途径。

清华大学计算机系参加微机网络开发的师生,经过两年多的研制工作,充分掌握了该局部网络软、硬件系统的结构及开发方法。使该网络达到了国产化。84年中该网络作为国家重点科技攻关项目通过了技术鉴定。

本文集共分8章及附录,内容均为研制成果的总结。对于本网络的二次开发和使用者来说是一份切合实际且内容较完整的材料。对于从事研制计算机系统结构及计算机网络的工程技术人员也是一份有价值的参考资料。本文集也可作为大专院校有关课程的教学参考书。

编者于1985年8月

## 目 录

|                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| OMNINET组成及通信机制.....                  | 张公忠 ( 1 )     |
| OMNINET局部网络传输器的设计与研究.....            | 张公忠 刘兵 ( 12 ) |
| OMNINET网络资源管理站的结构与原理.....            | 唐永连 ( 48 )    |
| OMNINET网络系统软件.....                   | 唐永连 ( 63 )    |
| OMNINET网络的资源共享.....                  | 戴梅萼 ( 82 )    |
| OMNINET网络上利用信息渠道区的用户通信.....          | 戴梅萼 ( 101 )   |
| 实验性计算机局部网络系统的分布式系统软件<br>的设计与研究 ..... | 刘 兵 ( 120 )   |
| IBM-PC OMNINET 局部网络环境下的 MS-DOS.....  | 田开亮 ( 138 )   |
| 附录: OMNINET编程指南.....                 | 唐永连 ( 191 )   |

# OMNINET 组成及通信机制

张公忠

美国Cervus公司在1982年推出的微机局部网络系统Omninet, 目前在国外较为流行, 并且多用于中小型事务管理系统和辅助教学系统。1982年我国引进了第一套基本系统, 并对其进行了剖析和开发, 取得了一定的成果。本文从系统结构、网络组成、通信机制等几个方面加以叙述。

## 一、结构与性能

Omninet (以下简称O网) 的逻辑及物理结构分别由图1.1, 图1.2所示。

1. 性能指标如下:

- (1) 公共总线型结构
- (2) 传输率为1 Mbps
- (3) CSMA/CA (载波检测多重访问/冲突避免) 的访问方式
- (4) 传输介质为双绞线RS-422规范
- (5) 最大工作站数为64
- (6) 网络的最大长度为1.2公里 (每隔300公尺加有源连接器一个)
- (7) 提供给用户的基本功能有如下四个方面:

- ① 共享文件、数据资源
- ② 电子邮件系统

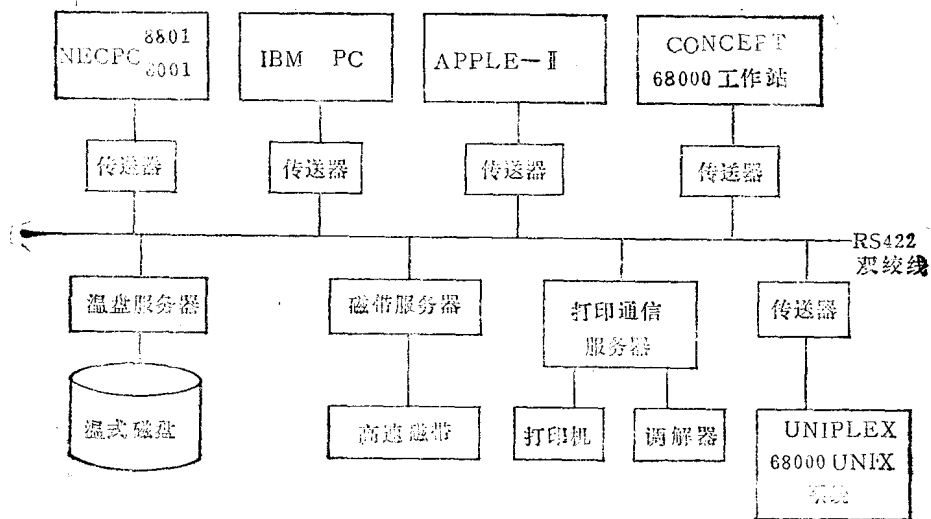


图 1.1 逻辑结构

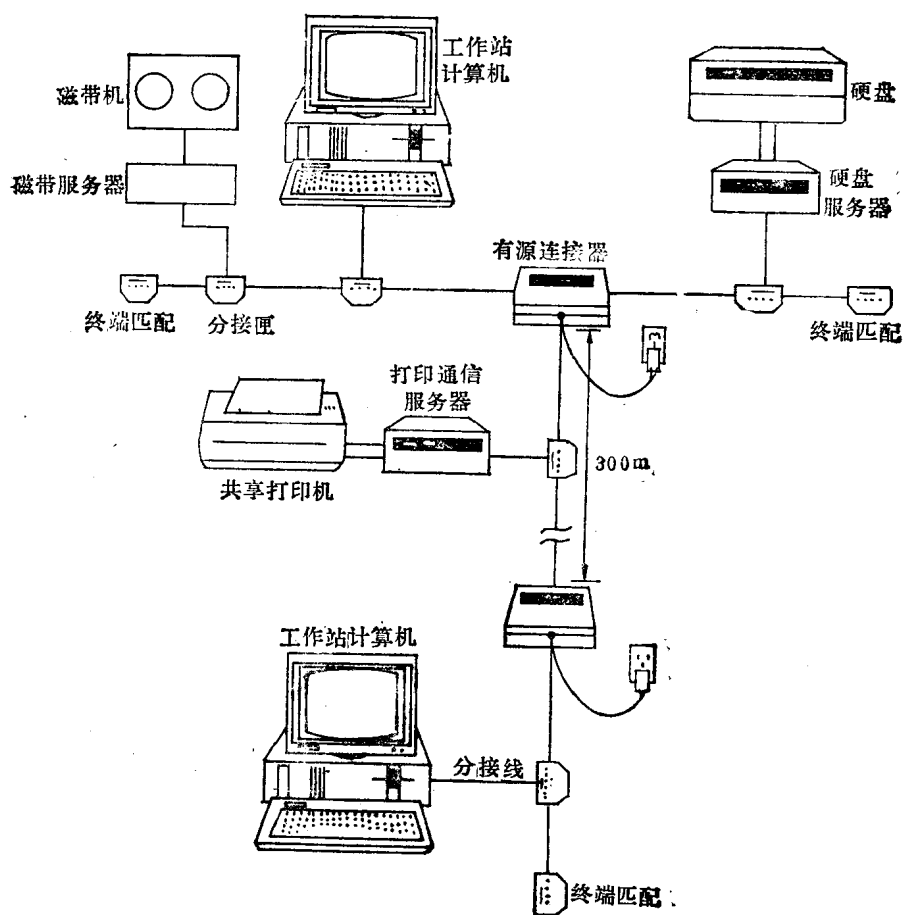


图 1.2 物理结构

### ③ 共享打印机系统

### ④ 备份系统

## 2. O网的特点如下:

### (1) 对工作站适应性强

由于O网采用了两级网络结构,即工作站主机不承担通信管理而由通信处理机——传输器来承担。传输器的硬件和软件实现了整个通信处理的全过程。因此只要计算机能与传输器实现硬件上的连接,该计算机就有可能作为O网的工作站,然后再对网络系统软件进行移植和开发,就可组成该计算机的O网。美国Corvus公司最初推出的是APPLE-Ⅱ网,以后相继推出多种机型的O网,例如IBM-PC, NECPC CONCEPT……等。在很短的时间中各种机型的O网有数十种之多。其关键在于不同的机型不必重新设计传输器,而只要总线适配即可。所花的开销是极少的。

### (2) 网络结构简单,灵活,安装方便

由于采用了双绞线作为传输介质以及公共总线拓扑结构,每个作为计算机的工作站连接到网上,就象耳塞机接到收音机上那样,对用户来说是极其方便的。双绞线在市场上便于购买,且价格极为低廉,对型号也没有严格的限制,只要整个网络段一致即可。

### (3) 扩展性强

由于采用了双绞线和公共总线结构,给予用户自行扩展带来了极大的方便。用户一开始建网时不必配置得过于全面和庞大,一俟工作开展而需要扩展距离和 workstation 数目时是不困难的。

### (4) 价廉

价廉是O网的一个明显的特点。具有60M字节容量的共享硬盘系统以及6个工作站配置的O网与同样配置的其它一些微机局网(例PLAN—4000及3COM Ethernet)相比较;其价格仅为后者的2/3左右,O网上的备份系统采用价格低廉的视频录像机,与流行的数据流磁带机相比较其价格反为后者的1/2左右。当然O网上也可以选用更为可靠的磁带机作为备份系统,海量存贮容量的数据流磁带能拷贝硬盘系统中的全部信息。

## 二、O网组成

1. 传输器:所有的工作站或其它设备均要通过传输器才能连到网上。因此传输器是整个局网的关键部件,其逻辑结构如图1.3所示

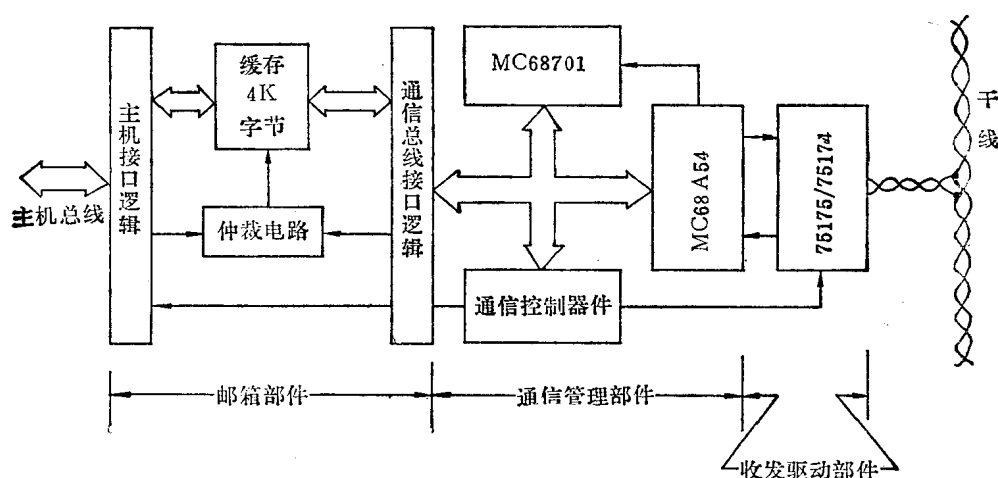


图 1.3 传输器逻辑结构

传输器由邮箱部件,通信管理部件以及收发驱动部件三部分组成。

(1) 邮箱部件的核心是4K字节RAM的缓冲存贮器(以下简称缓存)。邮箱部件上的主机接口逻辑与工作站主机的总线(地址、数据和控制总线)相衔接。工作站主机可通过传输器上的通信控制部分通过通信总线接口逻辑同样也能访问缓存。解决两者共同访问缓存时所引起的矛盾由仲裁电路来承担。当两者同时访问缓存时,优先权高者为工作站主机,通信处理机要等待一个时钟节拍才能随之访问。传输器的主机接口逻辑提供给主机四个I/O端口地址。端口地址视不同的工作站机型而定。列表如下:

|       | 读                | 写                |
|-------|------------------|------------------|
| 端口地址① | 读传输器状态RD-STAT    | 写缓存地址高字节WR-HI    |
| 端口地址② | 读数据RD-DATA       | 写CCB首址一个字节WR-STR |
| 端口地址③ |                  | 写缓存地址低字节WR-LO    |
| 端口地址④ | 读数据,缓存地址+1RD-INC | 写数据,缓存地址+1WR-INC |



以上四个I/O端口概括了主机和传输器的全部硬件接口。其作用如下:

- ① 主机把要发送的数据写入缓存。用WR—INC
- ② 主机接收缓存中存贮的自网上接收来的数据。用RD—INC。
- ③ 主机把命令控制块 (CCB) 写入缓存。用WR—INC。
- ④ 主机向传输器发执行命令。用WR—STR。
- ⑤ 主机查询传输器的准备状态。用RD—STAT。
- ⑥ 主机读传输器执行命令的结果——返回码。用RD—DATA。

除了上述的硬件接口外, 传输器本身具备七条网络协议命令, 以命令控制块 (CCB) 的形式提供给主机编写网络系统软件。七条协议命令为:

- 发送 Send
- 建立接收 Set Up Receive
- 结束接收 End Receive
- 初始化 Init
- 查本站号 Who Am I
- 查网上其它站号 Echo
- 读/写传输器上68701中存贮器数据Peek/Poke相应的七条协议命令的控制块在后文中

中有详述, 执行命令的过程如下:

设:

CCBADH

命令控制块指针地址高字节

CCBADM

命令控制块指针地址中字节

CCBADL

命令控制块指针地址低字节

RADH

返回码指针地址高字节

RADM

返回码指针地址中字节

RADL

返回码指针地址低字节

执行命令过程:

WR—HI CCBADM

} 设CCB缓存地址

WR—LO CCBADL

} (因缓存只有 4 K字节0—OFFFH)

↓

WR—INC CCB第一字节

⋮

WR—INC CCB第末字节

} CCB内容全部写入缓存

↓

WR—HI RADM

} 设返回码缓存地址

WR—LO RADL

↓

WR—INC FFH

返回码预置FFH

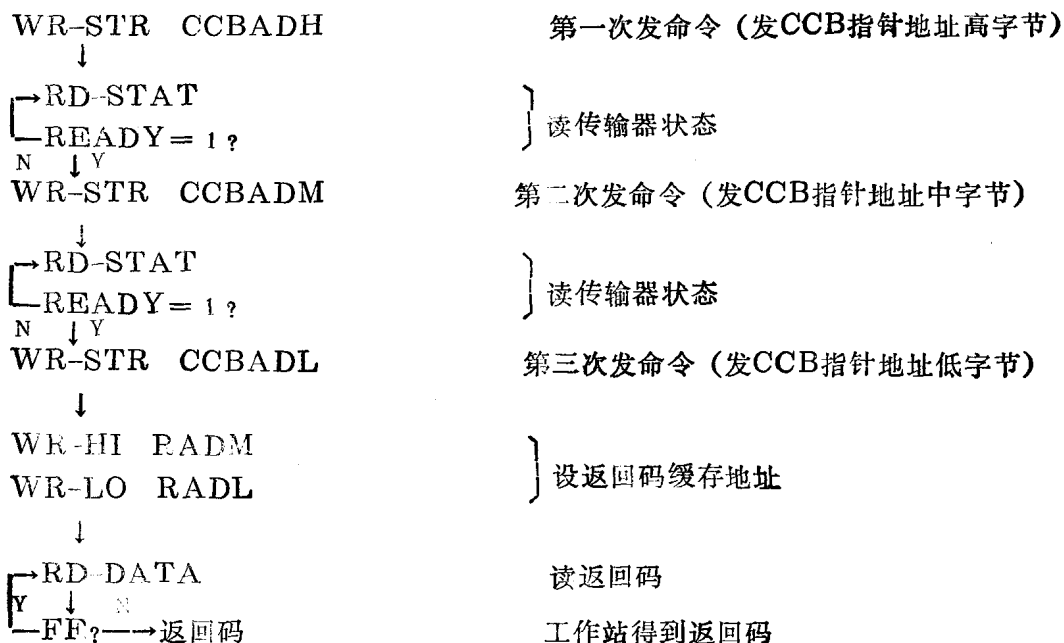
↓

RD—STAT

} 读传输器状态

READY = 1?

N ↓ Y



通信总线接口逻辑把邮箱与通信管理部份连接起来。在该逻辑中具有通信管理部分地址总线的锁存和驱动, 数据总线的双向锁存和驱动, 以及访问邮箱所需的 DMA 请求与应答控制信号。

(2) 通信管理部份是传输器的核心, 由三块 LSI 电路与通信管理软件所组成。三块 LSI 电路如下:

- ① 高级数据链路控制器 MC68A54。
- ② 单片计算机 MC68701。
- ③ 通信控制器件 Corvus 门阵列。

通信管理软件固化在 MC68701 中的 EPROM 中

(3) 收发驱动部件由一对平衡式差动驱动器 75175, 75174 组成。前者为接收器, 后者为发送器。75174 接收 MC68A54 送来的 TTL 电平信号 (反向不归“0”制) 转换成两个极性相反的差动信号并驱动双绞线, 其电气性能符合 RS-422 标准。75175 从双绞线接收到了反向不归“0”制的差动信号转换成 TTL 电平输送到 MC68A54 的接收端。两者均具有使能控制端, 便于发送接收的使能控制。其逻辑结构与逻辑表达式由图 1-4 所示。

## 2. 硬盘服务器及其硬盘系统

硬盘服务器及其硬盘系统在网组成共享硬盘资源站。一个硬盘服务器可以支持四个硬盘系统, 若每个硬盘系统为 20M 字节, 则一个硬盘服务器最多可以支持 80M 字节以供网上众多用户的共享。

硬盘服务器是扩展了的传输器, 除具有传输器的全部功能外, 还具备硬盘系统的硬件接口以及服务器管理程序。服务器管理程序由主程序和子程序两部分组成。主程序的主要功能是按序循环查询存在于服务器 RAM 中的用户访问硬盘表。表中共有 64 个登记处相应于 64 个工作站号。每个用户项又登记了有否访问硬盘的命令。若查到该工作站正好已登录了访问硬盘的某个命令, 则立即把该命令传送到所连接的硬盘系统, 并接收硬盘系统的返回信息。继而通过本身服务器把返回信息传送到网的介质上, 由相应的工作站接收。在此同时, 主程序

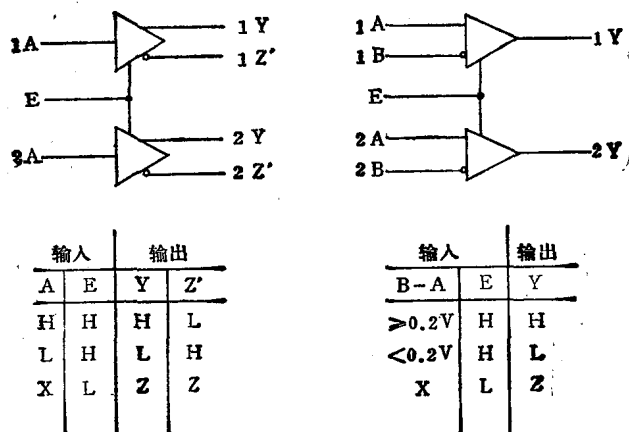


图 1.4 75175/75174的逻辑结构及表达式

依次查询下一个工作站号所登记的内容。当网上某个工作站要访问硬盘时，就要向服务器发送访问硬盘的命令。服务器一旦接收到新来的访问硬盘命令就要对MC68701产生中断，中断服务器管理主程序而转入中断子程序。中断子程序分析处理服务器命令，然后修改用户访问硬盘表中的登录项，随即退出中断子程序，返回到上述的主程序。

硬盘系统是一个具有智能由Z-80CPU控制带温盘的微机系统。在O网上与硬盘服务器通过32芯接口连接作为一个共享资源站。该硬盘系统又可单独作为微机的扩展硬盘使用。也能够形成多台微机共享的多路开关系统。硬盘系统具有本身的固件。提供给外界以下几类访问硬盘的命令以供编程使用。

- 读/写数据段命令
- 信号灯命令
- 写固件命令
- 读硬盘参数命令
- 通信管道命令
- 盘诊断命令
- 后备命令

用户欲自如地编制网络系统软件。必须掌握这些命令(见附录)。

3. 有源连接器：在O网传输介质双绞线上每隔300公尺需要加一个有源连接器，起到波形整形以及驱动接力的作用，使信息正确无误地传到网上各站。有源连接器改变了O网的连线结构，形成了T型总线结构。由图1.5所示，这样等效地缩短了网络介质长度。

由于有源连接器本身是一个由市电供电的有源设备，接到介质上去后，若市电中高频杂波滤得不清，则杂波就有可能通过本设备而在介质上出现，以致本网无法正常工作。实际的使用情况是在600公尺内接十余个工作站是很可靠稳定的。中间不必再加有源连接器。

#### 4. 网络干线，接线盒及分接线

网络干线由双绞线组成，特性阻抗为100Ω左右。传输器或服务器通过分接线连到干线上的接线盒上。接线盒内是一个无源的两线插座。如图1.6所示。分接线不超过4.5公尺。一端接工作站上的传输器或服务器，另一端用插头插入接线盒中。

#### 5. 网络系统软件

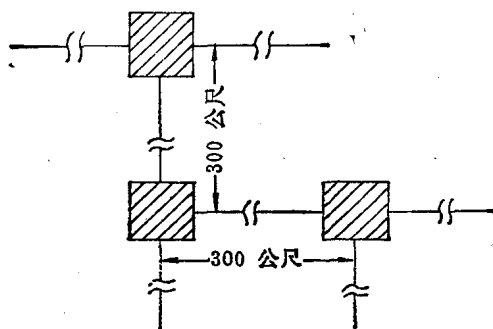


图 1.5 T型结构

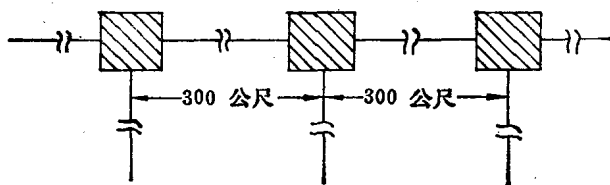


图 1.6 接线盒示意图

O网与目前流行的其它微型机局部网络一样，其基本功能有如下三方面：

- ① 共享资源
- ② 电子邮件
- ③ 备份系统

这些基本功能的实现完全是由网络系统

软件支持。O网系统软件前后有两个版本，

即Constellation I 和 II。前者仅支持单一机型，后者可支持多种机型。在一个物理O网上逻辑上可实现多个O网的运行。

Constellation是树状结构的软件，其内容由图1.7所示。这是IBM-PC O网网络系统软件的全部组成。

软件中的核心部分是驱动器管理。当O网硬件装配完毕后，就需要在网上生成系统软件。这些软件一开始是装在五张软盘片上 (MSDOS2.0)，由系统生成软件把软盘片上的内容依次地装入到网上的硬盘中去。系统生成完毕后，整个O网具有一种标准环境，在这个环境中能够支持512个网络用户，硬盘上能够形成512个盘体（逻辑软盘）以及三种操作系统：MSDOS，CP/M-86 以及 UCSD-P。除此之外，还造成了一个系统用户——IBMGR，即网络管理员，在键入IBMGR与其通行字 (PASSWORD) 后，管理员就能使用驱动器管理软件。该软件具有菜单形式，管理员可选择用户管理，盘体管理，访问管理或是自举管理。驱动器管理软件的作用是使网络用户能够在某种操作系统下享受硬盘中哪些盘体（标准环境中，每个用户最大可获得10个盘体）。每个盘体都有盘体名，可选择的容量，读/写属性。这些都是系统管理员通过盘体管理程序决定

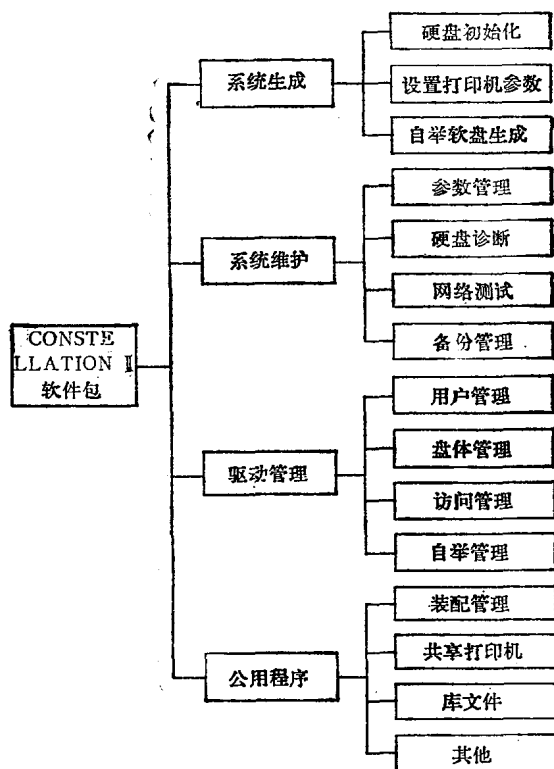
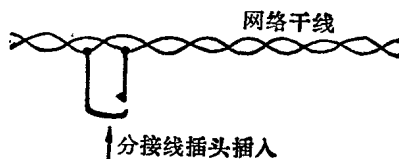


图 1.7 Constellation II 结构

的。网络用户对于盘体的共享具有以下形式：

- 所有用户均可读/写；
- 某个用户写入，其他用户只读；
- 一个用户独占，其他用户不能访问。

打印机的共享是微机局网中比较典型的硬件共享。整个网上可以只有一台公用打印机以供各用户使用。在O网上可以用专门的实用服务器来连接串、并行打印机，也可以把公用的打印机连到一个工作站上，该工作站就作为打印机服务器使用。当然在不作为打印机服务器时，仍可作为工作站使用，这可由系统软件来选择。若工作站系统运行在具有中断的环境下，则此工作站可以开发成既能作为用户使用的工作站又能作为网上共享打印机服务器。

电子邮件系统的功能是各用户之间互相能传递文件、数据和信息。要传递的文件和数据来源于各工作站的软盘片中。盘片中的文件结构与工作站机型的操作系统有密切关系。信息是指用户在工作站上即时地从键盘上打入的ASCII代码字符串。其传递不涉及文件系统，直接由传输器经过介质发送到接收工作站上。接收工作站上的用户可以在终端显示器上直接读到信息。在微机局部网中，由于工作站主机的操作系统大多是单用户单任务的，因此



图 1.8 邮箱传递方式

电子邮件系统往往是邮箱传递方式。如图1.8所示。实现了A送B的电子邮件传递。邮箱中的邮件是先进先出，B取出邮件后，该邮件在邮箱中自行消失。在O网上把硬盘中的某个盘体设为邮箱，并提供发，收…

等命令，即能实现邮件传递。

备份系统的功能是复制网上共享硬盘上的文件和数据。网络在运行中由于各种原因，可能会造成共享硬盘上文件和数据的丢失。因此几乎所有的微机局部网络都具有备份功能的软件。一些网络上采用海量存贮的数据流磁带机作为备用设备。在O网上则采用价廉的电视录像机。

### 三、O网通信机制

#### ① ISO七层模式

如图1.9所示，O网的ISO七层模式中，低四层即传输层，网络层，链路层以及物理层均由传输器实现。作为Constellation的网络软件其功能结构为高三层即应用层，表示层及会晤层。用户面向应用层，O网提供给用户的是文件和数据的共享、电子邮件系统、打印机共享以及备份系统。

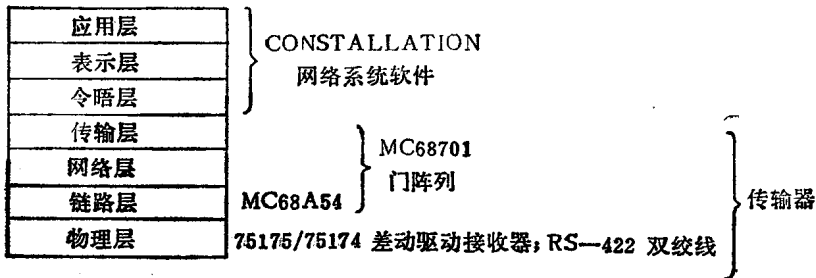


图 1.9 O网的ISO七层模式

#### ② 通信机制

(1) 七条协议命令是通信机制的基础。也是与主机的软件接口。主机把传输器所提供的七条协议命令在操作系统中形成相应的功能调用或者原语、构成了主机的会晤层，便于用户调用这些命令，在IBM-PC O网中，相应于七个协议命令的功能调用的模块设置在DF00程序段中。

## (2) 微虚电路概念

七条协议命令中常用的有三条：建立接收、发送和结束接收。当接收工作站建立接收后，发送站方能执行发送命令。一俟发送命令一执行，认为就形成了一条微虚电路，但该微虚电路是动态的，当接收方正确无误地接收一个信息帧后或者接收方执行一条结束命令后，微虚电路自动拆除。微虚电路是在发送站和接收站的两个相应的Socket间建立的。每个传输器具有四个Socket，其地址为80H，90H，A0H，B0H。Socket状态图如图1.10所示。

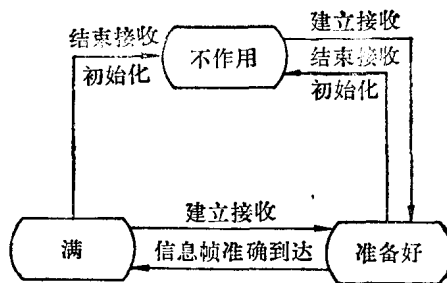


图 1.10 Socket状态图

## (3) 帧格式

网的介质上是以帧格式传输的。共有信息帧，应答帧，同步帧以及回声帧四种。其格式分别由图1.11所示

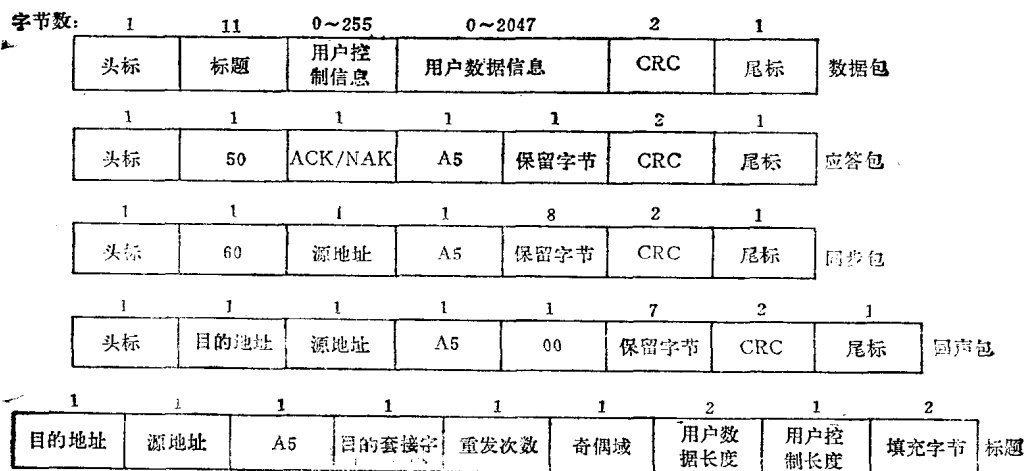


图 1.11 Omninet局部网络的信息包格式

信息中包括用户控制数据和用户数据两部分。是在传输层中形成的；分组格式中包括标题和信息两部分，是在网络层中装卸的。链路层中实现了帧格式的装卸，即把分组，头标，尾标和CRC检验码三部分形成帧格式，最后通过物理层以位同步的模式把帧格式传输到以双绞线组成的RS-422介质上。

## (4) CSMA/CA工作原理

帧格式发送到介质上之前，必须首先侦听介质上是否有其它工作站发送的帧——即判空闲状态。若空闲，则等待一段随机时间后，再进行第二次空闲检测。若空闲，则帧格式立即发送。否则又形成一个新的随机计数值。然后又回到第一次空闲检测。整个过程可称二次检测。冲突避免过程。帧格式发送出去后，启动越界计时，若未收到应答的等待时间超过了越界计

时，就又回到重新检测网的空闲状态。超过了最大重发次数后，发送站上得到出错返回码。发送过程结束。显然，只要有一次发送成功（发送站得到正确返回码）或发送后收到错误应答帧，也结束接收。CSMA/CA以及重发控制操作过程如图1.12所示。

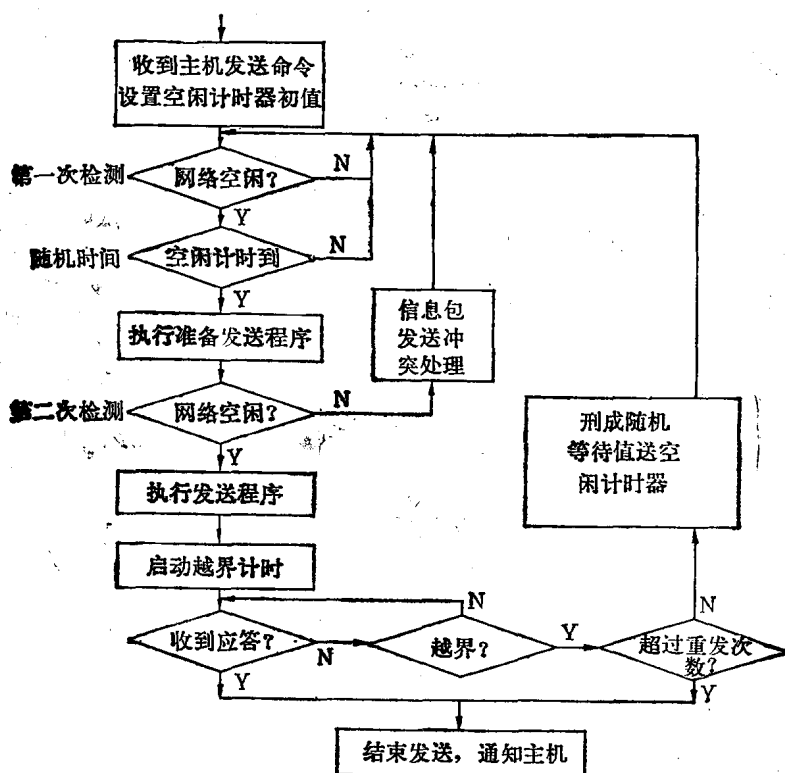


图 1.12 CSMA/CA及重发控制过程

#### (5) 差错控制

在O网上有四类差错控制方式：

① 协议命令控制块 (CCB) 参数设置错误：各工作站在传输器的缓存中必须先建立 CCB 参数，然后执行命令，可以从返回码的数值来反映出 CCB 参数是否正确。有以下两种情况：

一是本站 CCB 参数造成的错误，由本站通信管理程序检测反映到返回码上。

二当帧格式由发送站送至介质上后，由于接收站的 CCB 参数未能与发送站的 CCB 参数相配，接收工作站以应答帧中的否定应答信息 NAK 来确定发送站的返回码，此返回码反映了接收站 CCB 参数设置错误。

② 奇偶字节校验：为了避免接收站重复接收同一个信息帧，在信息帧的标题中设置了奇偶字节。在每个站传输器的 MC68701 RAM 中具有一张奇偶表，共占 63 位。每一位对应网上一个特定站号。当一个工作站发出一个同步帧时，一方面把本站的奇偶表中各位全部清“0”，另一方面由于网上其它各站接收了同步帧后，各站中发送同步帧的那一位也均清“0”。若 A 站要把信息帧发送到 B 站，在正常情况下，A 站的 B 位和 B 站的 A 位在发送前相等。在正确接收后亦应该相等。但前后的站位数值是互反的。当 A 站向 B 站发信息帧时，B 站正确接收后就向 A 站发一个正确应答帧。如果此时 A 站由于某种原因未接收到本次应答帧，A 站又会再次重发信息帧且标题中的重发次数就不等于“0”。B 站若接收到这样标题后就

不再接收随后的数据信息，但还向A站发回应答包。最终又导致两站的相应位同步（即相等）。当工作站加电启动或硬件RESET都能发出同步帧。

③ 有效字节A5校验：

在所有帧格式中均存在着有效字节A5，此字节的作用是防止网上出现假的头标信号01111110时误认为帧格式，接收站用有效字节A5校验其随后过来的内容是否是真的帧格式。若是假的，则拒收随后的内容。

④ CRC检验码：其作用能够检查出物理层介质上的误码。当接收站收到帧的分组后，随即与介质上传输过来的CRC码进行CRC码校验。若错误，说明了介质传输有错，接收站就不发应答帧。导致发送站重发。直至CRC码校验正确表示正确接收或者超过最大重发次数而以返回码告知发站用户为止。

以上四类差错控制方式分布在不同层次中；①②分布在传输层中，③分布在网络层中，④处在链路层中。这说明了O网的检验是比较严格的。

## 四、结 束 语

由于O网适用于中、小型事务管理系统。其技术上的通用性、结构灵活、安装方便以及价廉的特点。目前国内许多用户都已采用。由于其结构、组成、通信机制已被剖析和掌握，并能自如地开发其系统硬、软件。因此用户可以自己扩展O网的系统功能来达到更好应用目的。用户不仅在O网的应用层上开发所需要的应用软件，而且还能在会晤层上开发其系统软件。

由于传输器与主机工作站软硬件接口的灵活性，因此用户若有其它机型（除IBM-PC，Apple-I，NEC-PC8801…等），虽然买不到现成或完全符合该机型的传输器，但可以采用IBM-PC，NEC-PC8801等现成传输器，适当在硬件上相配合后，就能与主机相连，再开发其高层系统软件，即可形成用户自己设计的O网。目前国内自行开发的BCM-1，TRS-80等O网就是范例。一旦传输器中控制器件（门阵列）大规模集成化完成，国内可自行生产各类机型的传输器，为O网更大规模地使用创造有利的条件。



# OMNINET局部网络传输器的设计与研究

张公忠 刘 兵

美国Corvus System公司于1982年研制成功的Omninet局部网络是总线型局部网络的一个佳作。从设计思想上,它强调了网络通信处理机硬/软件设计的通用性。一个资源设备(包括各种微型计算机系统和硬盘等外设系统)只要配备一块叫做传输器(Transporter)的通信处理机就可以联入网络。不同种类的资源设备配备不同型号的传输器,这些传输器构成系列产品,分别以插件板的形式提供给用户,它们的差异仅在于传输器与不同资源设备之间的硬件接口有所不同,这是由于不同类型的资源设备有不同的内部总线结构。

我们在认真分析和研究了Omninet传输器的硬/软件结构的基础上,成功地设计与Omninet门阵列完全兼容的传输器控制器,从而解决了Omninet国产化的技术关键。本文将全面分析Omninet传输器的硬/软件工作原理,详细描述如何设计与实现Omninet传输器的控制器。

## 一、Omninet传输器的工作原理

研制局部网络,十分重要的一环是决定采用什么样的器件,它是确保达到基本设计目标的必要条件。分析和研制一个具体的网络产品更要首先了解和掌握其所用器件的性能和特点。

Omninet局部网络采用的主要器件及其担负的功能是:

· SN75174/SN75175. 实现物理层的功能,将TTL信号转换成RS-422规格的双绞线信号,发送和接收双绞线上RS-422规格的信号转换成TTL信号。我们把它们称作网络收/发驱动器。注意,这两个器件均为带有使能端的器件,可对发送/接收的条件进行控制。图2.1表示了它们的原理。

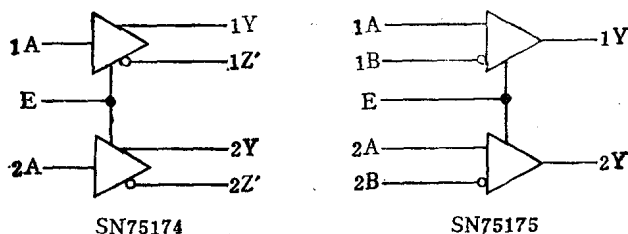


图 2.1 网络发送/接收驱动器 SN75174/SN75175

· MC68A54. 实现链路层的功能,完成信息帧的装配,拆卸, CRC 校验以及发送数据时的 0 bit 插入和接收数据时的 0 bit 删除(为面向 bit 的数据传输)。它的串行数据收/发速率可达到 1 Mbps。我们把它称作网络通信部件。图 2.2 表示了 MC68A54 的结构和原理。