

多机与分布式系统

下 册

白英彩 编

上海计算机应用服务部印

1983年

目 录

第六章 分布式系统的通讯技术.....	225
6.1 分布式系统的通讯技术概论.....	225
6.2 网络通讯技术.....	228
6.3 信息及报文分组交换.....	243
6.4 通讯系统的互连网络.....	259
6.5 通讯的多级互联网络及子网络.....	264
6.6 信息通讯的硬件实现方法.....	294
6.7 数据传输技术.....	295
6.8 调制技术与调制解调器.....	305
6.9 数据链控制.....	310
6.10 通信协议.....	320
第七章 分布式操作系统.....	354
7.1 集中式和分布式操作系统的概念.....	354
7.2 分布式操作系统的设计原则.....	356
7.3 分布式操作系统的实现和环境.....	358
7.4 分布式操作系统的示例及其分析.....	377
7.5 进程通讯.....	382
7.6 系统死锁及其防止措施.....	384
7.7 分布式处理系统的程序设计问题	388

第八章 系统举例.....	390
8.1 Honeywell 实验性分布式处理器.....	390
8.2 美国国家银行分布计算系统.....	395
8.3 C 系统.....	401
8.4 基于多个小型机的信号处理系统的设计.....	404
第九章 分布式数据库系统.....	420
9.1 概述.....	420
9.2 分布式数据库系统.....	423
9.3 分布式数据库系统的应用举例.....	433
第十章 计算机局部网络.....	439
10.1 概述.....	439
10.2 局部网络技术.....	442
10.3 几种流行的局部网络.....	449
10.4 局部网络的典型产品.....	474

第六章 分布式系统的通讯技术

6.1 分布式系统的通讯技术概论

在第五章中我们已经从结构和通信的观点出发，讨论了人们熟知的几种分布式结构。在分布式处理系统这一研究领域，通信问题是一个主要结构性问题。在第一章，我们曾给出了一个分布式系统分层观点的初步说明。这里，有必要提出这个分布式系统的通用层次通讯系统的模型（示于图 6-1）。

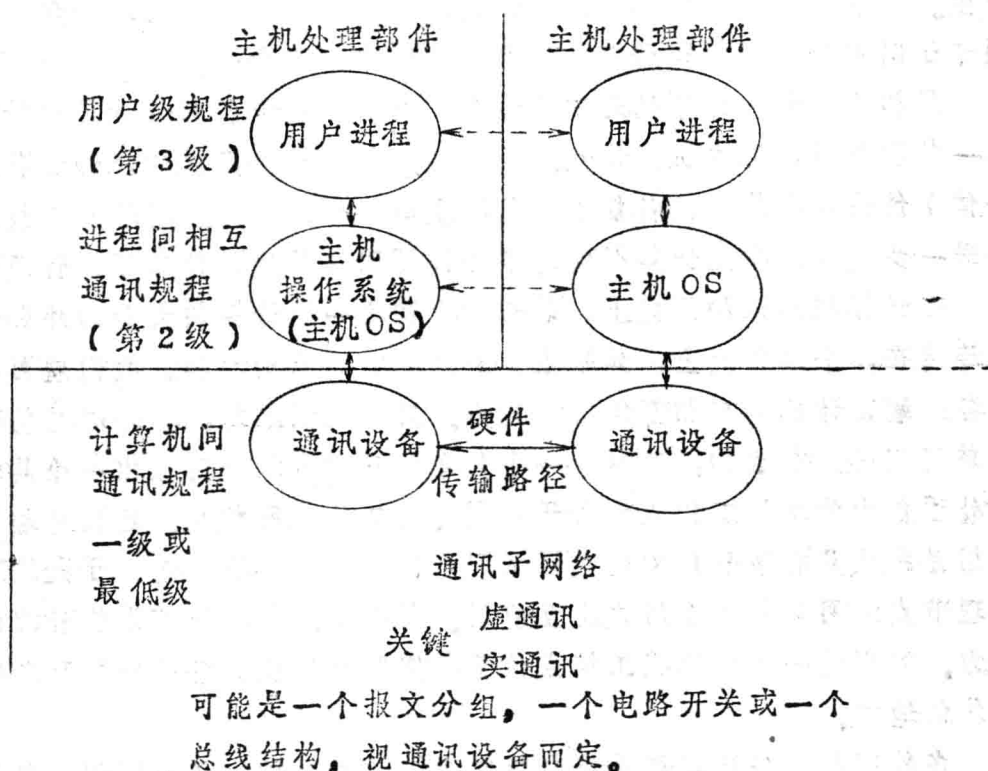


图 6-1 通用层次通讯系统模型

由于分布式系统中有许多进程在运行，所以系统可以看成是通过一层硬件和软件规程（Protocol），在子网络上进行通讯的一组协作进程。图 6-1 给出了一分布式处理概念的简单图解，其中有若干处理单元（主机——主机处理单元），它们经由通讯子网进行通讯。系统中有虚实两种通讯。一个特定的系统与图 1-1 所示的系统相比，

可能拥有更多的层次。

在整个历史过程中，人类不得不进行通讯。人类使用了各种各样的通讯技术，从鼓信号烟信号一直到卫星数据传输装置。现代通讯技术是从电报到穿孔纸带电报装置到电传打字机一步一步发展而起的。

在过去的十五年到二十年中，随着计算机技术的发展，计算机系统也开始需要收发信息。由于分时系统和小型计算机网络的出现，计算机的用途增加了，通讯技术也更为重要了。由于某些数字总线概念十分复杂，代价也很高，因此各种更为经济的通讯传输线技术便应运而生。随着这种技术的发展，通讯技术也必须与计算机技术一起发展。通讯子网就是计算机和通讯系统之间的基本接口之一。

最初人们认为计算机是中央设备，所有外部设备都与计算机处于同一物理位置，即本机工作点。后来的发展（更为高级的外部设备组合体）使得某些外部设备能位于物理上的远程工作点。随着系统技术的进一步发展，小型计算机的网络允许不同的系统组件相互进行通讯。

在计算机通讯的历史上，最初的步骤之一就是要将大量的外部设备连接在单个工作点上，如果操作系统具有适当的结构，我们就可以将各终端设计成具有相互作用的能力。只要我们愿意，各终端在物理上就可以是分布式的，这样，一个简单的分时系统就可以由一个具有批处理能力的本地工作点和若干远程终端工作点所构成。远程终端可以用总线或具有拨号能力的电话线同主计算机连接在一起。于是这种处理节点就可以被许多用户交互使用。每个用户均有分享系统资源的能力。可以进一步使远程工作点位于与实际计算机设备相距数百英里以外的地方。

多处理机/多计算机系统是数字通讯技术发展的又一范例。典型的多处理机系统含有若干处理机，它们通过一个总线结构与一个共享存贮器进行通讯（图6-2）。这种系统具有更高的资源利用率，并有失效保护失效弱化作用。它还提供了两种数字通讯技术：一种是从总线到存贮器的通讯，另一种是在存贮单元中存放信息供另一组程序以后读出。这种存贮器共享通讯概念在读写同步方面还存在一些问题，所以在计算机系统中要用到测试，置位和信号灯操作。这些都归属于

同步问题，因为前面的章节中已详细地提到过。同步问题在本章中不作讨论。

图 6—3 中给出了一个类似的系统，它通称为多计算机，或联合 (federated) 系统。它的基本通讯手段是通过处理机之间的相互通讯链路。每台处理机均具有它自己的存贮器。

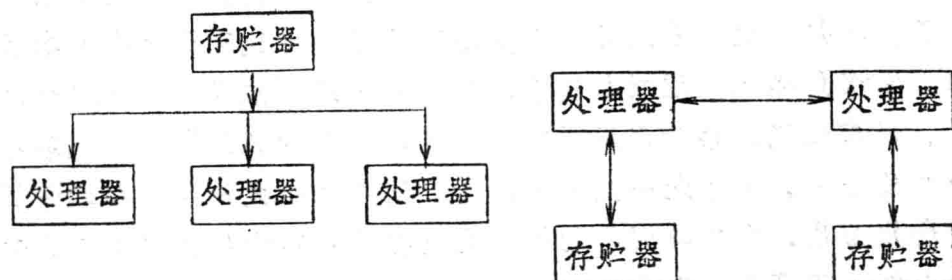


图 6—2 公共总线多处理机 (分布式系统范例之一)

图 6—3 联合系统 (分布式系统范例之二)

图 6—2 和图 6—3 给出系统均属分布式系统的范例。对上述系统类型再进行扩展，就形成图 6—4 所示的计算机网络或称资源共享网络。它也是一个分布式系统的范例。

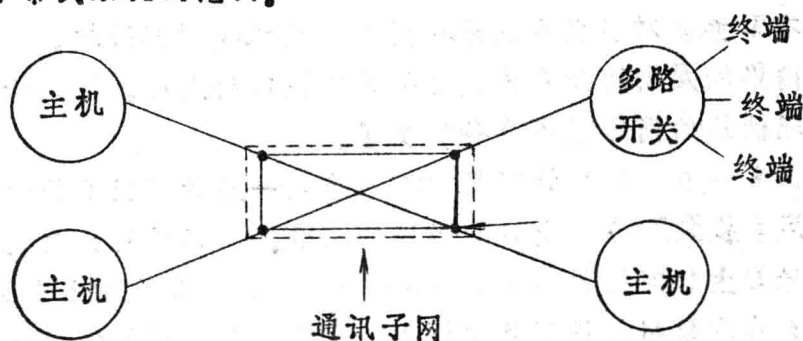


图 6—4 网络系统 (分布式系统范例之三)

我们可以将计算机网络描述成一个相互连接的计算机群。通常这些计算机至少能执行单台物理处理机所能够执行的两种不同功能。一种功能是主机所执行的通用处理功能，另一种功能是通讯功能和控制

功能的合成。执行控制和通讯功能的单元系统称为信件转接或报文分组转接的存贮程序处理机。

由图 6—1 所示的层次通讯模型，用户进程级，操作系统级和通讯设备级各自根据规定的通讯规程进行通讯。但是，并非所有的分布式系统都明显地具有图 6—1 所指出的全部规程级。最近，在实时军用系统中多微处理机的影响下，一些研究人员已开始注意专门化的分布式系统问题。这些系统不同于网络，也不同于比较适用的分布式处理机，后者的通讯处理功能隐含地甚至明显地制成硬件，（在这种情况下，所有通讯道路均采用硬接线方式，所有通讯规程和通讯联络均系事先安排好，并且是一成不变的）。这类分布式系统结构通常面向某种特定应用，它们与网络的不同之处在于：前者的应用可以是逻辑上的分布，而不是物理上的分布。

具体地实现分布式系统的通讯要涉及到报文分组交换，数据链路的应用，通讯协议，通讯网络及用户通讯的多级网络等通讯技术。当然，用硬件实现信息通讯也是一种可行的方法，这些，在本章的各节中都要提到。

6.2 网络通讯技术

本章主要对各类系统连入网络的通讯技术感兴趣，特别是对那些能使网络满足前述分布式处理要求的技术感兴趣，而对于不具备分布式处理性质的网络就不准备提及了。

图 6—5 所示的计算机通讯网络是一些计算机（能为其它主机及终端用户提供服务）及通讯子网的集合。通讯子网为主机间、用户间或用户与主机间提供的通讯链路〔5〕。建网的主要目的是实现资源共享（共享数据、程序及硬件）。网络的另一目的提供分布处理和远程通讯的能力。尤其仅有一个资源时，更显得资源共享的重要性。有关报文分组交换（转换）的部份将在下一节叙述。

网络中的信息须通过物理媒介进行传送。线路是信息传送的物理通路。通道是建立用户之间，主机之间、用户与主机之间联系的逻辑通路。一条线路可以支持多个通道，同时，一个通道也可由几条线路

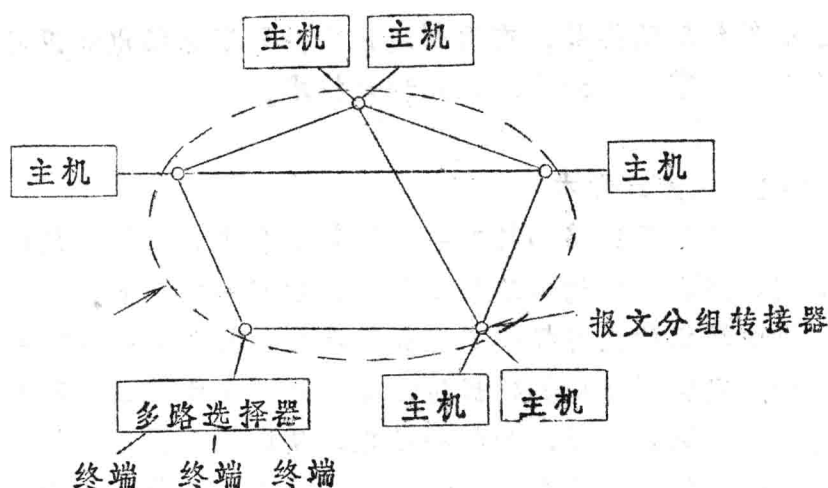


图 6-5 资源共享计算机网络模型

构成。通道表示逻辑的或虚拟的互连，它由线路构成，实现功能整体（结点间，用户间或结点与用户间）的互连。

网络通讯必须依赖某种物理介质来进行，在计算机网络中实现计算机互连的传统方法是采用串行或并行链路。对于那种传送和接收器之间最大距离在数十米范围中的紧耦合系统（存储器共享），一般适用的平行缆线有 8、16 或 32 位的数据线和相等或更多位的奇偶校验及控制线。

松耦合系统使用的是平行缆线，双绞线对或四绞线以及同轴电缆。当需要大量减少连线（10 根以上）时，间断和高阻态失配的出现将很快使信噪比降低，以至出错率上升到很高（大于 10^{-7} ）。对于近距离两点之间的通讯，可结合使用绞线与基带调制解调器（信号放大器与接收器）。基带调制解调器市场上很流行，使用基带调制解调器可得到的数据传送率的典型范围是 $2.4 \sim 19.2 \text{ k bit/秒 (bps)}$ 缆线长度一般限于 2000 英尺（600 米）以内。

远程（例如相间几公里）数据传送中，一般需使用同轴电缆。在远程通讯中常使用声频级地面传输线，其传送率最高为 9600 bps。这些以同轴连线或绞线对为基础的传统互连方法在近程通讯中受

到了光纤链路的挑战，在远程通讯中受到了无线电和卫星链路的挑战。下面几个分节就详细介绍这几种新技术。

6.2.1 光纤技术

光纤或卫星链路都具有一些独特的优点，但同传统的互连介质（如铜导线和远程地面连线）相比，也有一些不足。

用于通讯的光纤极细（直径的典型数据为0.005英寸），并且也很轻。已得到证明其数据传送率已达到1千兆位/秒（1000 Mbps）。更好的是，光纤不导电，从而不会受电磁场扰动影响（闪电会冲击光纤，但不会对通讯造成干扰）。此外，由于光不会辐射穿过光纤，所以串扰现象（相邻通道内信号的无用耦合）不会发生。光纤不存在电气短路的危险，而且，即使突然到来的洪水把光纤淹没，信号也仍是畅通无阻。

光纤至今仍比铜导线贵，然而其价格正在跌落，衰减特性也在减弱，信号损失（尤其在高频分量方面）已远远少于许多标准铜导线。1977年时流行的光纤缆线的信号损失据算是在6分贝*/公里左右。而现在据算则已有实验室条件下信号损失为0.5分贝/公里的光纤缆线了。

图6-6中表示的是现在使用的三种基本的光纤

第一种称为单模步进（Single-mode, stepped-index）光纤，其芯线直径极细微，只允许使用单光纤。由于实用中很难作到把能量耦合入单一的传播光纤，所以这种光纤极难被接受。第二种是多模步进（Multimode, stepped-index）光纤，它有许多传播模式，但在远程传送时带宽是有限的。第三种是多模级进

* 分贝（dB）是表示两个功率级比值的一个对数单位。1分贝指的就是以10为底的功率比值的10倍。所以，功率损失一半就相当于损失3.0103分贝（ $\log 2 = 0.30103$ ）或近似于损失3分贝。3分贝的增益则意味着功率增强了一倍。

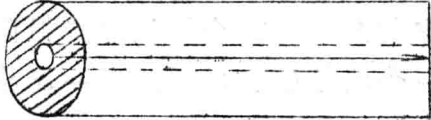
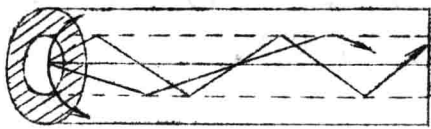
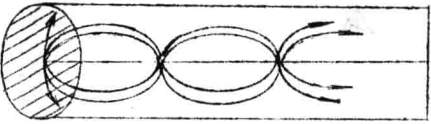
输入脉冲	光 路	输出脉冲
		
		
		

图 6 — 6 三种光纤波导的形式

(Multi-mode , gradedindex) 光纤，它吸取了前两种光纤的长处。这种光纤中，光向会渐高中央转向外沿。Corning 玻璃厂的测试工作表明，利用这种光纤，数据可以在 10 公里路程上以高达 100Mbps 的速率传送。然而这种光纤是三种中最贵的一种。

光纤缆线可由一或多根光纤组成。至少有一个产家 (Siccior) 已在由 6 根以上光纤的缆线中引入了一种稳定的中央部件，这种缆线中央支持部件的是一根钢缆（显然，在计算机信息安全为至关系要的应用场合中，不宜使用这种电缆，原为金属缆线会使光纤的一个重要的优异特性失效，即窃听者无法利用安置在缆线近旁的窃听器线圈来截获光纤内的信息，金属线却会引起一种计算机天线的作

用。军事应用中，也会要求使用光纤来隐蔽缆线的位置，以使金属探测仪无法测出缆线的位置）。

早期的计算机—计算机通讯中，光纤的利用总是限于“点—点通讯”。到了七十年代后期，研究成了一种能在多路传送环境中利用光学耦合器进行传送操作的系统。耦合器可用来把两个以上的波导管中的能量集结起来送入一个波导管，或把从某一波导管中送出的能量分裂成多股。图 6—7 中画出的就是研制中的光纤耦合器。根据所用的耦合类型，端口 1 和 2 (P_2/P_1) 间的耦合率为 40~70%，端口 1 和 3 (P_3/P_1) 的耦合率为 5~40% (Canstar 光纤有向耦合器，型号=TC4-A, B, C)。

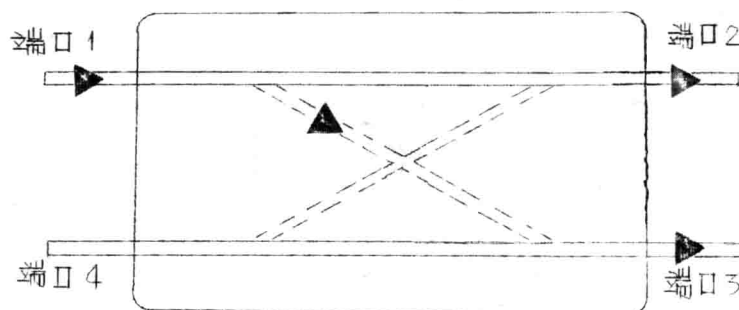


图 6—7 光纤有向耦合器

在使用同轴缆线互连多个小型机的应用中，必须充分认识光纤的单向特性。如要进行双向通讯，则就应使用双股光纤。而在环形结构（见图 6—8）中，一股光纤就足够了。显然在这时，如有任一连接线或结点出故障，则整个系统就会瘫痪。不过如使用耦合器，这种环形结构的可靠性就能得到改善，如图 6—7 所示。

现在，已研制出了一种实验用的传送率为 10Mbps 的光纤数据总线，其特点是：

· 系统使用光纤，而不是屏蔽式绞线对，作为传输信息的媒介。

• 数据传送率是 10Mbps 而不是 1Mbps 。

另外，传送的多道总线结构也由星形的辐射状的总线所取代（见图 6—9）。

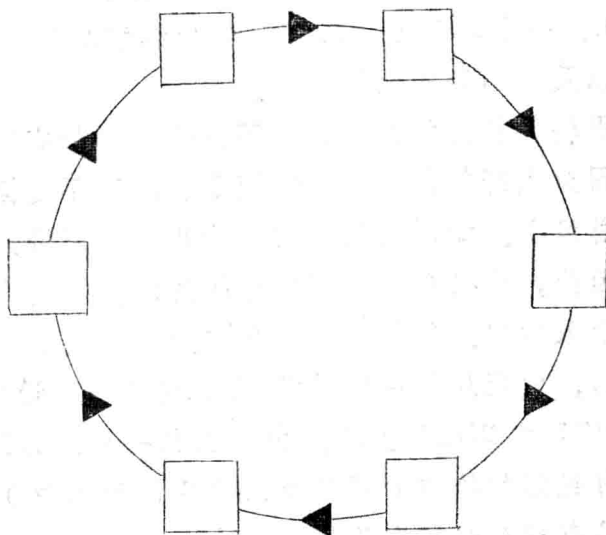


图 6—8 使用单股光纤线的环基结构

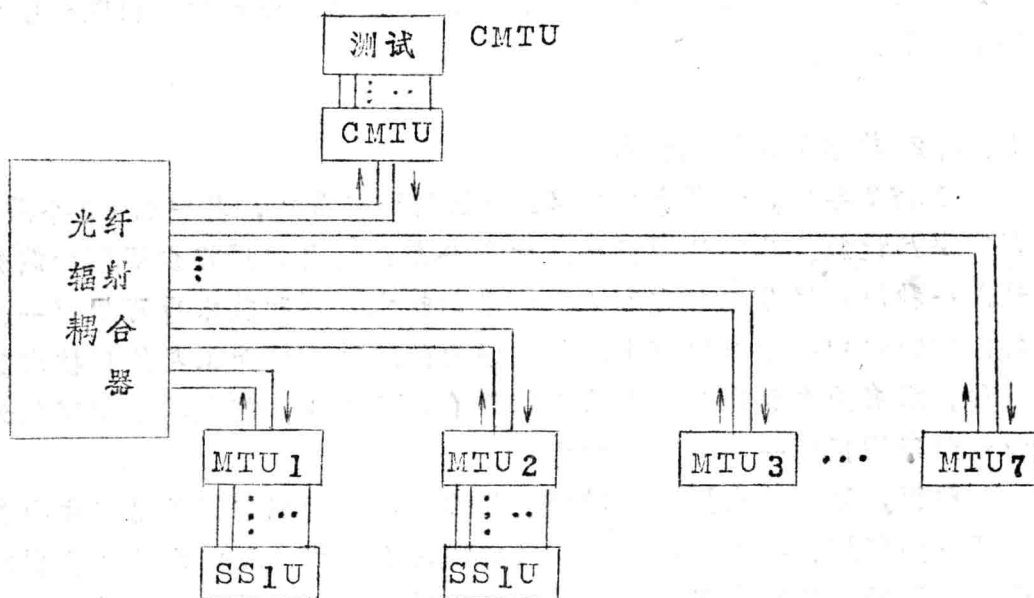


图 6—9 100Mbps 的实验用 MIL—STD—1553 数据总线图

总线中使用光纤数据链路和辐射耦合器。耦合器容装在ITT CannonD型连接器中。

系统是由七个模拟的多路转换终端单元(MTU)、子系统接口单元(SSIU)、一个称为控制用多路转换终端单元(CMTU)的数据总线控制器以及CMTU的测试装置。

系统使用辐射状数据总线,而不是传统的带有T型耦合器的本地数据总线,因为光纤相似于一个恒流系统,而不是恒压系统(如金属导线组成的总线)。如同我们前面所指出的,使用光纤而损耗的功率是较高的。因此,为在总线上实现光的发射,系统中大量使用的耦合器都需要高输入功率。辐射耦合器是作为辐射状数据总线中的公共结点发挥作用的,它把从任一发射源MTU或CMTU送起来的输入功率均分到所有的MTU或CMTU上去。由于在任一发射通路上,都只有一个耦合器—光纤链路的接口(不计及系统中的节点数),所以,在辐射耦合器中的功率损失是可允许的。

在光纤的多路转换技术方面也已作过研究工作。对不同频率的光进行多路传输和多路选择,就如同同轴电缆中的FDM一样。这些技术的应用可能会导致在八十年代中、后期的通讯器件市场上出现光学多路转换器。

6.2.2 数字卫星通讯技术

1977年间,世界上约有42个卫星通讯系统,其中的22个系统既有卫星设施、也有地面设备。大部分系统都是使用许多不同的载频,这是一种用来区分无线电和电视台站的技术。这种技术也可用点一点之间的微波中继器及电缆上,并已经自然地被采纳为卫星传播技术了。这种技术名为“频率分配多重访问”(FDMA),它是共享指定的无线电频率谱区的一种有效率的方式。

然而,这种技术要求同时处理许多频率,所以在卫星链路中也带来了一些问题。在多个载体间的互相调制(载体的互相影响)会引起失真。不过,若减小卫星的发送器工作时所输出的功率,使放大器工

作在其功率曲线的线性区，这种失真就可减弱。但是，这样做会使这种技术使用的功效降低，因为还须使用更大的地面站来适应卫星功率的减弱，或者是建造更大的卫星以负载强功率的发射装置。

尽管有些问题，FDMA 仍是 70 年代期间最通用的商业通讯卫星技术。直径 70 年代后期使用的有：视频发射装置、3KHz 的音频电路及传送率可达到 56Kbps 的数字数据电路等。美国产的载体，例如美国卫星公司，西部联盟和 RCA 生产的载体，可使用地面互连技术，根据用户的规约，从各自所属的地面站与用户设施相连接。在某些特殊情况下这些载体可以根据用户的要求确定地面站的位置，美国对卫星、地面通讯链路、地区通讯环路的课税和美国对非美地区的卫星使用征税数目自 60 年代中期以来已大为减少。至 70 年代中期，卫星通讯链路已胜过了 AT&T 地面通讯链路（用于中、远程通讯时）。

为了解决 FDMA 所特有的互相调制问题，我们可采用一种叫作时间分配多重访问（TDMA）的技术加以解决。根据这种技术，每个地面站可以在一个短短的时间片里完全占用卫星通道以发射功率，时间片长度与通讯繁忙程度成比例：只要同步各站发射的时间，并以脉冲串的形式进行通讯，就可做到由许多站共享单一的卫星通道了。各站的脉冲串分别在不同时刻到达卫星，每两个不同站的脉冲串之间有一空白段，这段空白的时间，称为“保护时间”。图 6—10 就描绘了这种技术应用的情形。

在 FDMA 的各信道间使用的是“保护频带”，这与使用“保护时间”的目的一样，都是要防止相邻信道间的互扰。TDMA 是时域技术，FDMA 是频域技术，但它们的方法原理是相近的。图 6—11 中，对两种技术作了比较。

如图 6—10 所示，如果所有的卫星下行链路信号能被全部地面站收到，则 TDMA 就能理想地发挥作用。但是，把所有信号发送给全部站的这种作法会浪费卫星功率，而且会占用可用以其它信号传送的无线电频率。有一种较新的技术可解决这一问题，称为空间飞船开关式时间分配多重访问（SSTDMA）。现在，高级的卫星天线可以把发射器的全部能量都发向某一地面站。可利用单架天线发出多束信号，使

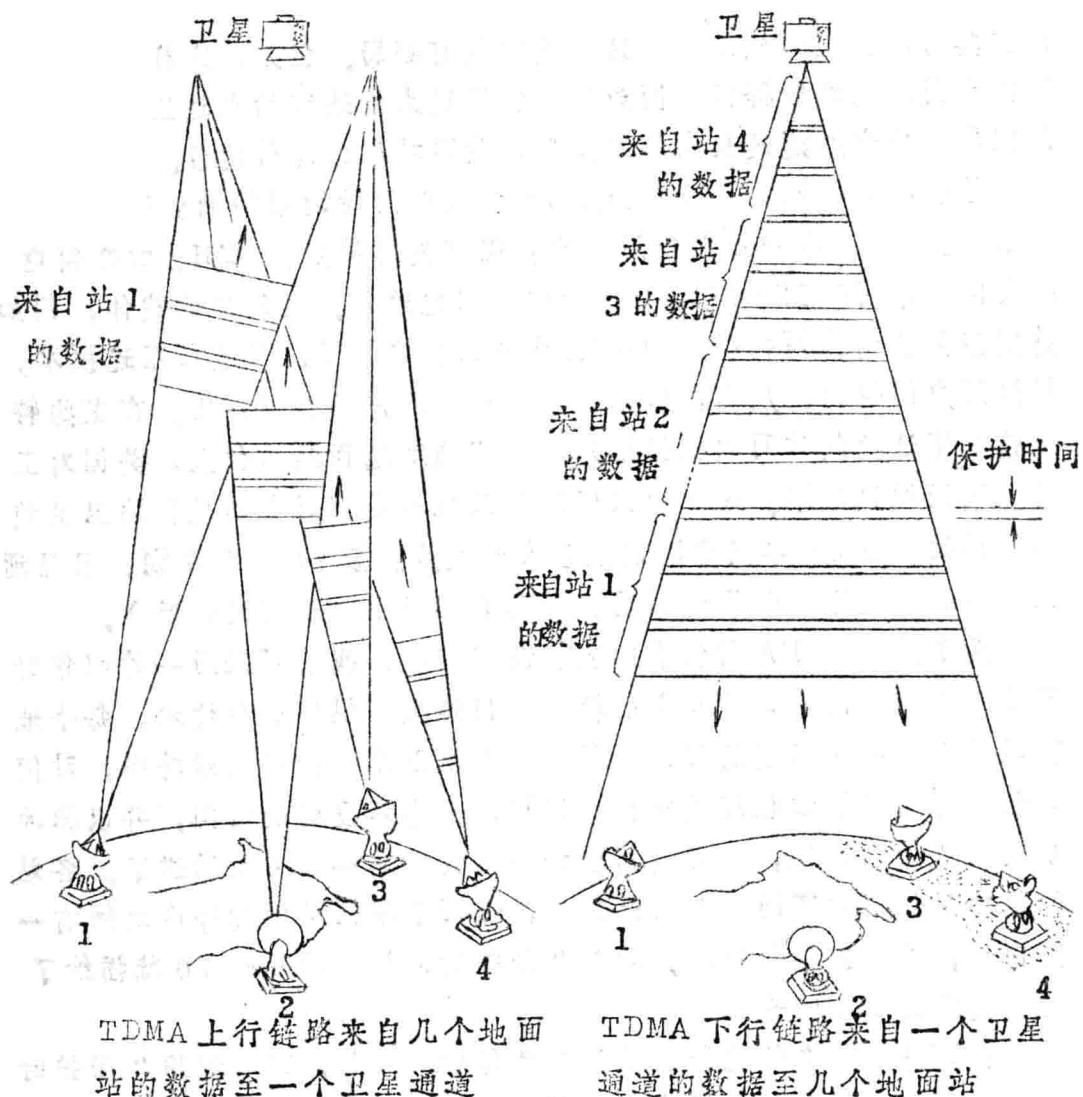


图 6—10 多地面站共享信道的方时多重访问方式

束与束之间是完全独立，从而同样的频率可为所有信道所共用。

图 6—10 是在多地面站共享单一的传送—响应信道情况中使用的“分时多重访问”方式。从某一特定地面站发出的上行信号由多串数据脉冲组成，每一串都包含有指定某一接收站的地址数据。每个脉冲串都被分配到一个时间片。地面站的时钟是同步的，所有的站都使用同样的时间片集合，这些时间片循环地分配给各地面站。循环一次

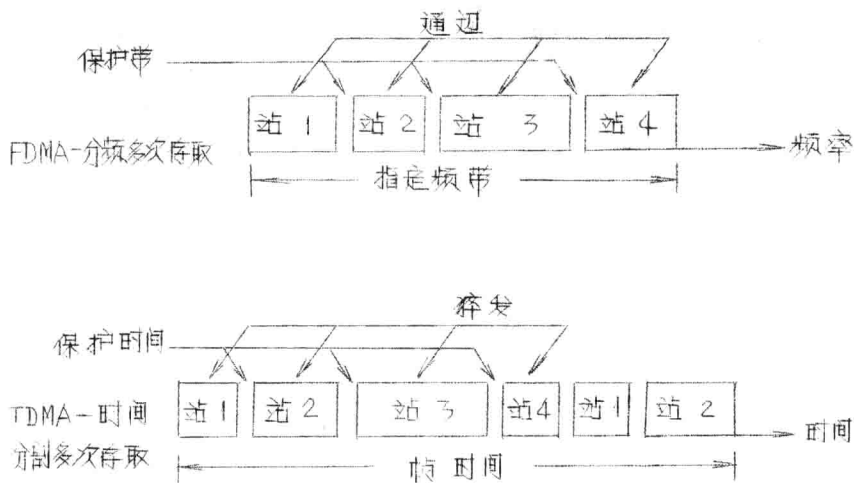


图 6—11 TDMA 和 FDMA 两种方式的比较

只需 750 毫秒，这就是说，用户是察觉不到信号传送中是中断的。卫星中，对到来的信号进行频移，随后就象使用 FDMA（频率分配多重访问）时一样把信号回送到地面站。这时的信号还是由发射站送出的脉冲系列组成的。接收站收到脉冲串后，首先读出其中的数据地址，如与其地址相符合，就予以处理，否则置之不顾。

卫星开关迅速地改变天线束之间的连接，这样每束信号依次被连接到其它各天线束，使得各地面站之间就可互相通讯联络了。

图 6—12 描述了这一概念。

这种系统的优点是，它能利用各站所有可能的频谱段，并能把卫星的发射器下行的全部功率集聚到信号发送目的站的那一区域。这种技术具有很高的功率，但是，若仅使用一个卫星发射器来为所有地面站服务（如图 6—12 所示），毕竟还是限制了它在具有大量地面终端站系统的应用。

TDMA 的分时和 FDMA 的分频是相似的。FDMA 中，根据地面

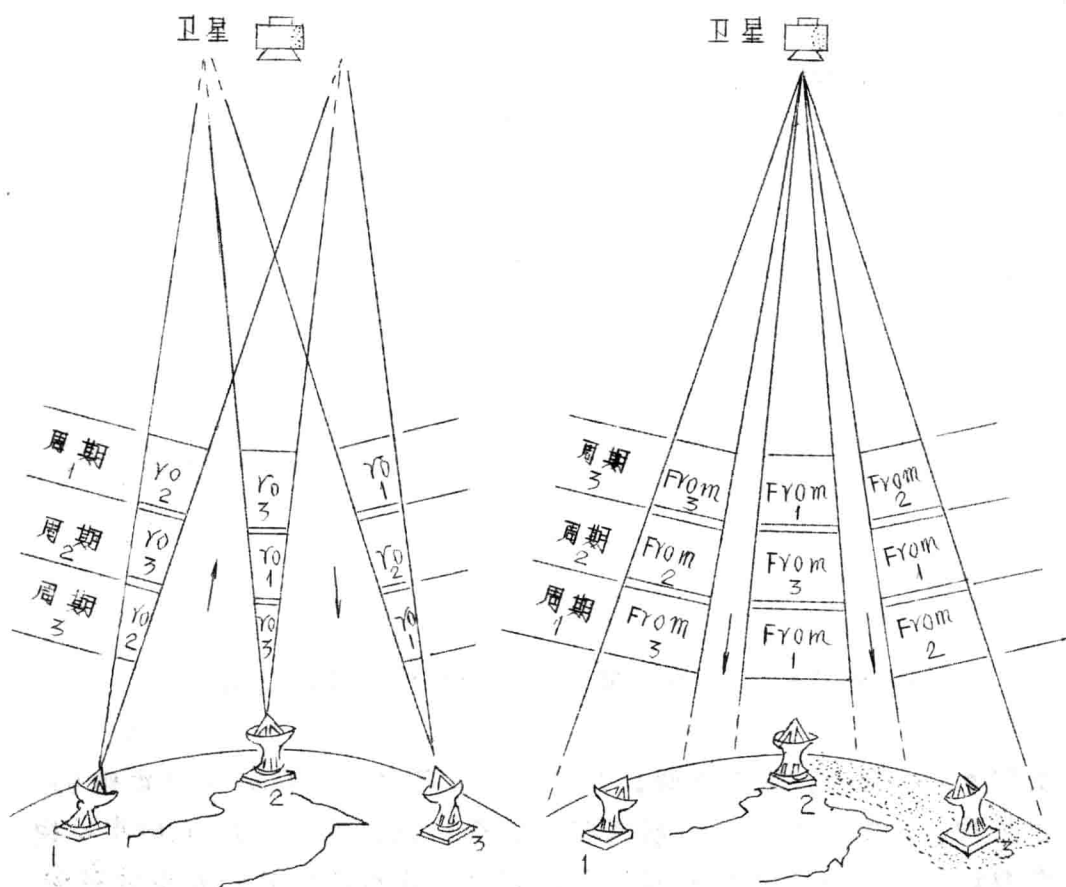


图 6—12 采用点一点结构和 TDMA 技术进行卫星通讯的示意图

的不同通讯量，分配以一定的频段。因为元件的容差，频率与实际指定值可能稍有不同，所以在各分配的频带间提供了一段保护频带。TDMA 中，据各地面端的通讯量分配以一定的时间片。考虑到定时和同步机制可能会发生偏差，在相邻地面站的时间片中提供了保护时间。由于对全部地面站完成一次采样总共才需要 750 毫秒，所以用户感觉中，通讯过程是连续的。