

办公室和工厂自动化网络 OFANET—— 一种与基带网兼容的宽带计算机局域网

王光兴 李万兴 于大明
(东北工学院)

摘 要

本文提供了一种与基带网兼容的宽带计算机局域网——OFANET。阐明了它的基本工作原理,提出了能使宽带技术和基带技术兼容的主要部件——宽带介质附属单元(MAU)的设计原理和实现方法,并利用常用的基带网 Omninet 和宽带 MAU 构成了 OFANET 的计算机通道。通过实验证明它大大改善了基带网的性能。这种新型宽带 MAU 的实现为基带技术和宽带技术结合开拓了一个新领域。

随着社会生产水平的飞速发展,企事业需要处理的信息量成倍增加,办公室自动化和工厂自动化已成为发展非常迅速的领域之一。计算机局域网是实现办公室自动化和工厂自动化的基础,又因微型计算机迅速普及,但其资源有限,要使它真正发挥作用,必须寻找资源丰富的大中型机做依靠,或者联合起来形成一个整体来担负某些任务,这就要求计算机局域网的速率愈来愈高。此外,为了实现办公自动化和工厂自动化,还要求传送语音、传真和活动图像。很明显,以双绞线和基带同轴电缆为传输媒质的基带局域网无法满足上述要求。

宽带局域网有巨大的传输容量,能同时传送语音、控制和活动图像信号,抗干扰能力比基带网高 25—35 dB,可靠性高,具有良好的可维护性和可扩展性,是目前建立办公室自动化和工厂自动化强有力的工具。

目前国际上通行的宽带网有 Wangnet, IBM-PC 宽带网、ALAN, Local-20, Local-40 等等,它们有的价格昂贵;有的未开发语音和活动图像通道,无法满足我国众多的中小型企事业单位的急需,针对这种情况我们自己开发了一个适于中小企业经营管理和生产调度的宽带计算机网络,它能连接我国通用的 0520 型微机和紫金 II 型微机,工作可靠、使用方便、价格低廉,取名为 OFANET (Office and Factory Automation Network)。现将它的拓扑构成、工作原理、体系结构、硬件实现叙述如下:

一、OFANET 的构成和基本工作原理

OFANET 是一个同轴电缆频分复用系统,建立在 CATV 基础上。设计中考虑要工

作可靠、价格低廉、尽量采用国产部件,所以网络构成采用空分两路(双缆)制,它以我国自制的 SYV-75-9 为干线电缆,以 SYV-75-5 为分支电缆,主要采用我国自制的电缆电视器件加以改制,尽量靠近 IEEE 802 标准,其拓扑结构采用有根树。现正在齐齐哈尔钢厂运行的 OFANET 有图 1 所示的拓扑形式。

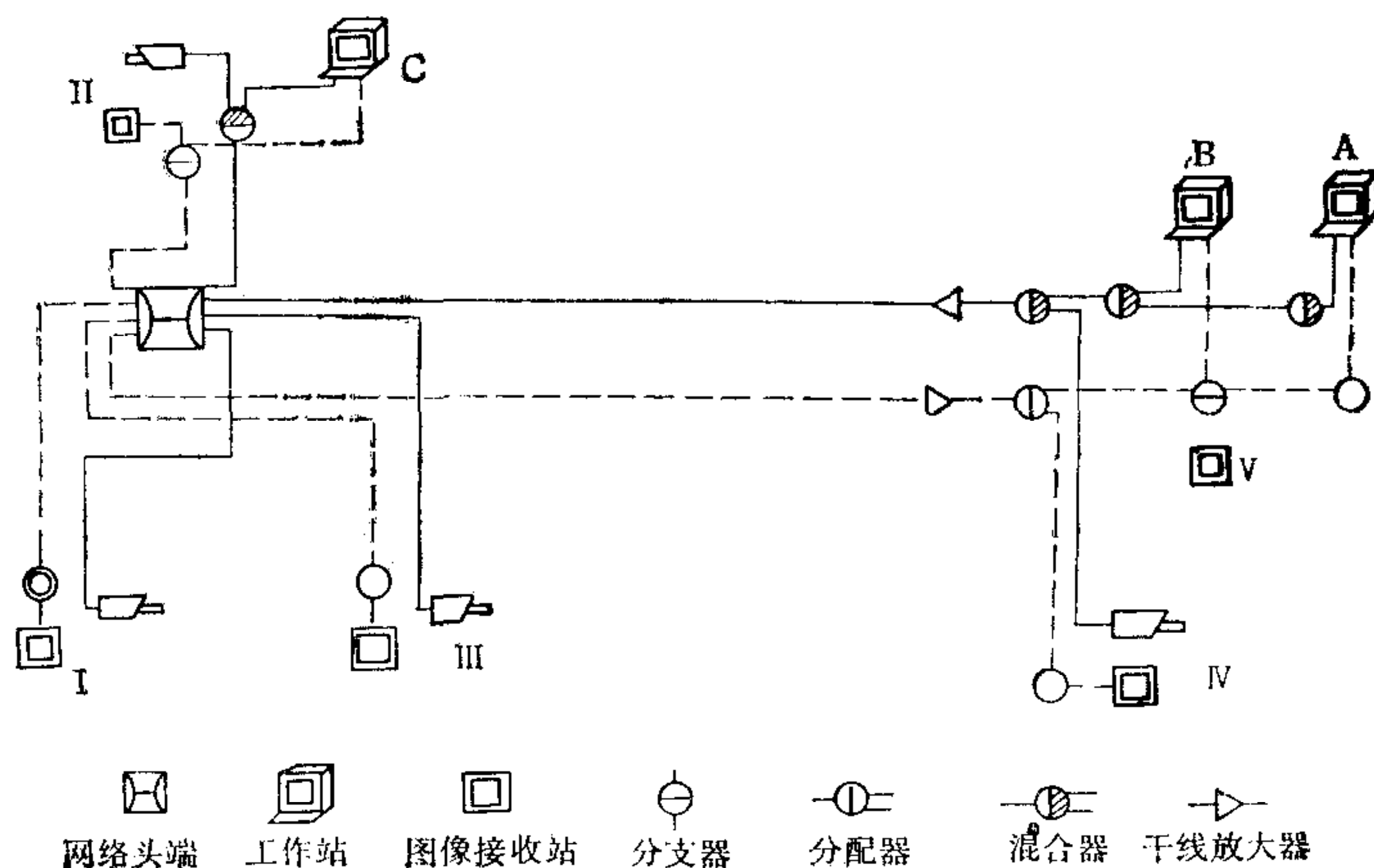


图 1 正在运行中的 OFANET

考虑到我国自制电缆和元器件的性能,选择带宽为 250 MC,分成四个频段,即控制频段、计算机网络频段、互连频段和视频信号传输频段,其频谱分配如图 2 所示。



图 2 OFANET 的频带配置

其中 39 KC 和 48 KC 的控制通道可对多达 64 个视频工作站的 256 个动作进行远程控制操作; 8MC—24MC 的计算机网络频段可以容纳数个计算机网络;在互连频段内利用可变载频调制解调器和数据转接器可以使 32 对传真或电话并行工作;在 165—225MC 的视频传输频段可以同时传送与我国六频道至 12 频道兼容的七路彩色图像信号。

现以工作站 A 和 B 之间的通讯简要说明 OFANET 宽带网络中的信息传输过程(见图 1)。OFANET 是双缆制频分复用系统,即在每个工作站处都有发送电缆和接收电缆(见图 1 中的实线和虚线)。要发送的信号过首先通调制解调器的发送器把它转换成适当频率的载频信号,经混合器送入发送电缆,信号在发送电缆中向着头端(Headend)方向前进,并与传向头端的其它信号在干线混合器中汇合,再一起传向头端。到达头端后,信号由发送电缆传入接收电缆,并向背离网络头端的各个接收干线传播,经分配器进入分支干线,再经分支器进入分支电缆,到达调制解调器并被选择接收,从接收干线到分支电缆用的分支器是一种单向性信号传输器件,使用它可减小接收设备与网络失配对网络干线工作的影响。

二、宽带环境下的计算机网络

迄今为止，在宽带环境下的计算机网络的体系结构和实现它的硬件与软件都是单独为它设计，一般与基带网不兼容。但我国基带网(如 Omninet, PC-net, 以太网)已有许多应用。如果抛开它们单独开发适于宽带环境的计算机网络 (LAN)，不仅要耗费大量的资金和时间，而且使已采用基带网的用户在装配宽带网时产生困难。如果能找到一种方法使基带技术和宽带技术结合起来，构成一个与基带兼容的 LAN，使绝大多数基带网(像以太网、Omninet)无需做大的改动就能在宽带环境下运行。这样利用现已成熟的基带技术成果开发宽带技术，就能够节省大量的资金和时间。这种思想已体现在 OFANET 宽带计算机网络设计中。

1. 设计的理论基础

上述思想就是把如图 3(a) 中的基带系统用户工作站串接一个宽带 MAU，形成一个宽带系统，而对基带工作站的工作不产生影响。为了达到此目的，必须在加入宽带 MAU 后不影响基带网协议的正常执行，即不影响网中工作站间的信息的正常交换。我们知道计算机局域网遵循 ISO-OSI 七层协议。IEEE 802 局域网标准规定了它的链路层和物理层^[1]，显然在加入宽带 MAU 及宽带介质后对通信协议的影响主要在物理层，只要在加入宽带 MAU 后不影响物理层与介质接口处的信号，就能保证基带物理层协议的正确执行，也就保证了整个通讯协议的执行。为此要求宽带 MAU 必须对信号的传输是透明的，即除了完成 IEEE 802 规定的全部功能之外，还必须满足如下条件：

1) 对来自第 m 个结点的基带介质接口 $M DI_m$ 的任意一个信号 S_{mi} ，其 MAU 执行正变换

$$\tilde{S}_{mi} = \sigma_m(S_{mi}). \quad (1)$$

变换后的信号，被送入宽带介质，在其中传输。

2) 对第 n 个结点发出的经变换后在宽带介质中传输的信号 \tilde{S}_{nj} ，在到达时执行逆变换，即

$$\sigma_m^{-1}[\tilde{S}_{nj}] = \sigma_m^{-1}[\sigma_n(S_{nj})].$$

因为假定各结点的 MAU 完全相同，即

$$\begin{aligned} \sigma_n[S_{nj}] &= \sigma_m[S_{nj}], \\ \therefore \sigma_m^{-1}[\tilde{S}_{nj}] &= \sigma_m^{-1}[\sigma_n(S_{nj})] = S_{nj}. \end{aligned} \quad (2)$$

显然在忽略介质对信号传输影响情况下，满足上述两条件的宽带 MAU 对点-点信号传输是透明的。

3) 当两个以上的结点同时传送信号时，宽带 MAU 对介质中传输各被变换信号叠加

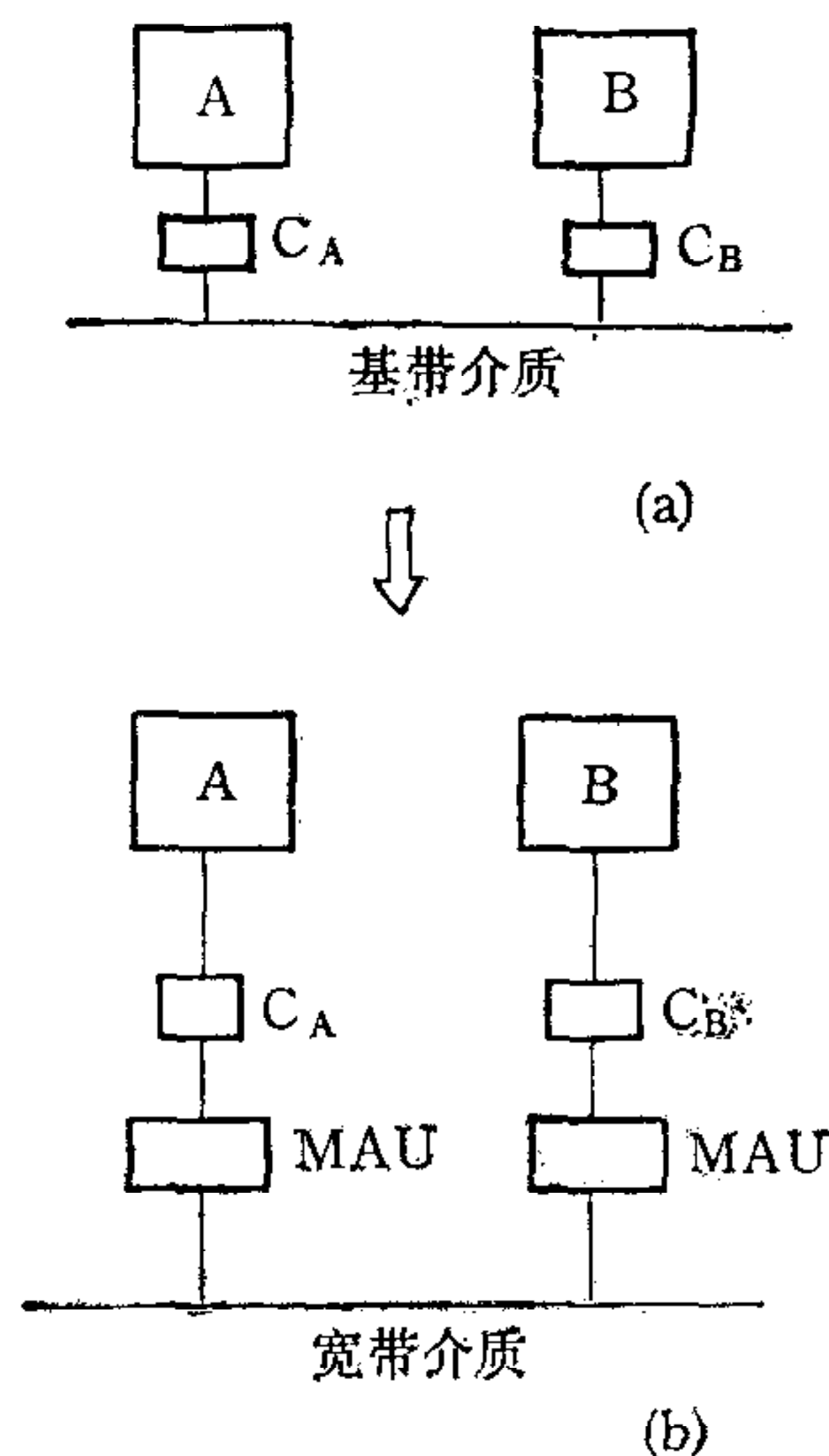


图 3

的反变换,满足叠加原理,即

$$\sigma_m^{-1} \left[\sum_n K_n \tilde{S}_{nj} \right] = \sigma_m^{-1} \left[\sum_n K_n \sigma_n(S_{nj}) \right] = \sum_n K_n S_{nj} \quad (3)$$

一般如果宽带 MAU 满足上面三个条件,忽略介质对信号传输的影响则该宽带 MAU 对信号传输是透明的.很显然在加入这种宽带 MAU 后所形成的宽带网与基带网相兼容,不过应该注意到拓扑结构和介质对宽带和基带信号传输影响的差异.现在比较一下基带总线或无根树结构与宽带网对信号传输影响的差异,基带网允许信号双向传输,因此当一个结点发送信号时,可以毫无延迟和衰减的立即为自己的接收机所接收.而宽带却不同,它的拓扑结构是有根树,其中信号只允许单向传输,即在发送通路内一律向着头端;在接收通路内背离头端(只有在不存在有源干线放大器时才能接成无根树^[2]).因此任何两点间信号传输都必须经过头端,当结点发送信号时不能立刻被自己的接收机收到,必须等待信号传到头端后返回原地时才可能收到,与基带相比信号延迟增大,幅度也被衰减,此外基带网中传送的信号一般有直流分量而宽带网中传送的是射频信号,无直流分量,所以在设计宽带 MAU 时必须考虑这些差异.

2. OFANET 宽带网中透明宽带 MAU 的实现

在宽带网 OFANET 中,将宽带 MAU 分成两种类型实现.

1) 适用于令牌传递总线 (Token-Passing Bus) 和 CSMA/CA 介质存取方法的透明宽带 MAU 的实现.

对前一种存取方法由于令牌的作用,在稳态操作时不会发生载波碰撞,但在令牌建立时或故障状态下可能产生碰撞.这种介质存取方法的共同特点是虽然在介质中可能发生载波碰撞,却无载波碰撞检测装置,故宽带网络拓扑结构和介质对基带物理层协议执行的影响不大,只要满足信号透明传输的三个条件就能使基带网原来的物理层正常工作.此外在设计中力求简单可靠,采用了如图 4 所示的 SC-ASK 方案.下面论述这一方案是怎样满足三个透明条件的.

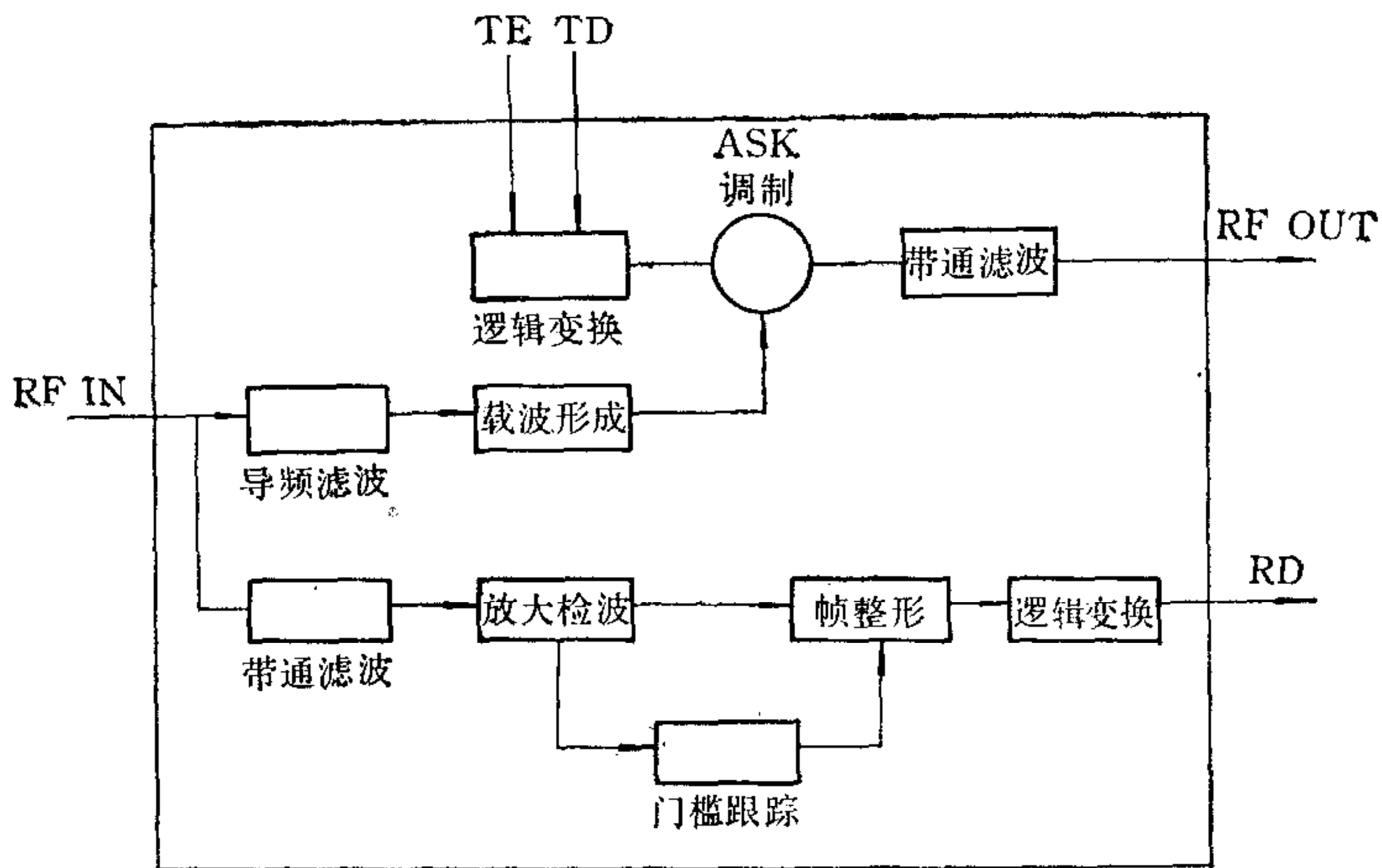


图 4 SC-ASK 调制解调器

宽带 MAU 的调制器采用移幅键控, 它属于线性调制, 很明显, 它是满足前两个透明条件的, 现在来分析这一方案能否满足条件(3)。假定在距离网络头端分别为 L_{T1} 和 L_{T2} 的两个结点同时发送已被调制的信号, 在接收通路内距网络头端为 L_R 的点接收机输入端的信号, 对其进行研究(忽略介质衰减)。参见图 5。由于 OFANET 网在网络头端设置了导频振荡器, 使各结点宽带 MAU 的调制器的载频锁定在导频上, 并使其载频的初相适当调整, 以满足如下两个条件:

$$\textcircled{1} \quad \omega_{C1} = \omega_{C2} = \omega;$$

$$\textcircled{2} \quad \varphi_1 = \frac{L_{T1}}{C'} \cdot \omega, \quad \varphi_2 = \frac{L_{T2}}{C'} \cdot \omega^{1)}$$

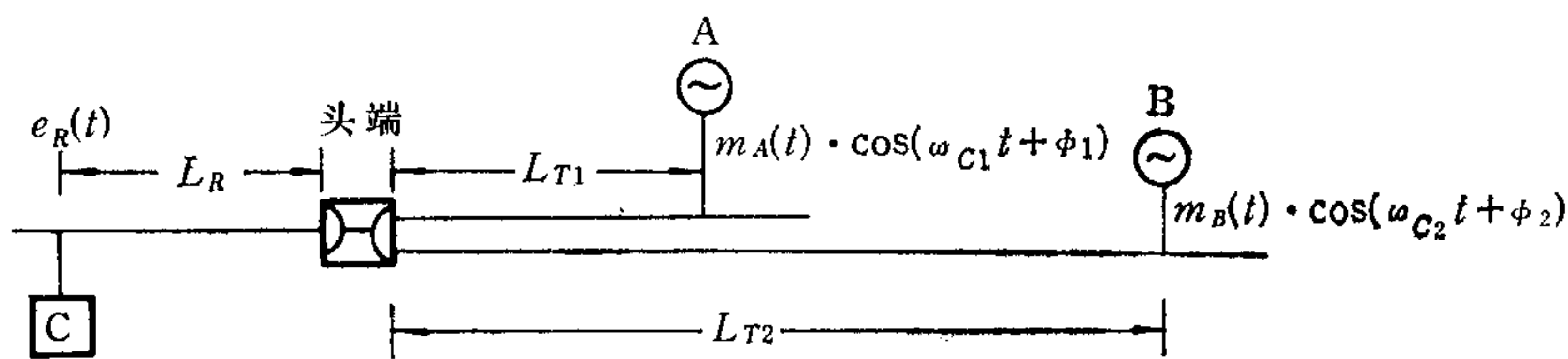


图 5

则 A 点发出的基带信号 $m_A(t)$ 经变换

$$\sigma[m_A(t)] = m_A(t) \cdot \cos\left(\omega t + \frac{L_{T1}}{C'} \cdot \omega\right).$$

B 点发出的基带信号 $m_B(t)$ 经变换

$$\sigma[m_B(t)] = m_B(t) \cdot \cos\left(\omega t + \frac{L_{T2}}{C'} \cdot \omega\right).$$

在接收通路 C 点被变换信号的叠加是

$$\begin{aligned} e(t) &= m_A(t) \cdot \cos\left(\omega t - \frac{L_R}{C'} \cdot \omega\right) + m_B(t) \cdot \cos\left(\omega t - \frac{L_R}{C'} \cdot \omega\right) \\ &= [m_A(t) + m_B(t)] \cdot \cos\left(\omega t - \frac{L_R}{C'} \cdot \omega\right). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \sigma^{-1}\{\sigma[m_A(t)] + \sigma[m_B(t)]\} &= \sigma^{-1}\{\sigma[m_A(t)]\} + \sigma^{-1}\{\sigma[m_B(t)]\} \\ &= m_A(t) + m_B(t). \end{aligned}$$

多个信号叠加也将获得类似结果, 可见这一方案完全满足了传输透明性的第三个条件。

2) 关于基带网采用 CSMA/CD 介质存取方法的透明宽带 MAU 实现方法的讨论。

按着 IEEE 802.3 标准, CSMA/CD 介质存取方法的物理层协议, 从基带物理层输出的信号是经过 Manchester 编码的, 如果用它作为宽带 MAU 调制器的数据调制信号必将使信号占有频带大大增加, 故此在调制前首先将其转换成 NRZ 码。而宽带 MAU 接收到的信号, 为了达到与基带兼容的要求, 必须从 NRZ 码转回到 Manchester 编码后再

1) C' 是电磁波在电缆中传播速度, 一般为 $0.77C$ 。

送到基带的物理层。为了使 NRZ 码在接收时便于恢复同步,在发送前要进行扰波,在接收时进行解扰。

为了压缩射频信号的占有频带,信号的调制方式采用 SC-AM/PSK。

在基带条件下,碰撞检测是用检测电缆上的直流电压实现的,这是因为 Manchester 编码波形的直流分量与其传送的信息内容无关。且在短距离内直流压降很小。但在宽带条件下电缆传送的是射频信号,它不含直流分量,因而不能再使用基带中的方法来检测碰撞,通常采用如下两种方法在宽带 MAU 中检测碰撞。

a) 建立专用的检测信道。碰撞检测功能由碰撞检测信号发生器、碰撞检测电路和碰撞信号存在发生器组成,独立于数据接收功能部分,即判断碰撞是否发生不依赖于接收数据信号。

b) 利用无碰撞时源地址的唯一性,如果收到的信息包中有两个源地址,或源地址不可辨认则说明产生了碰撞^[3]。

一般第一种方法易于实现。通常在检测出碰撞后,宽带 MAU 将发出增强碰撞射频信号,以通知网上的全部宽带 MAU 产生了碰撞。

三、宽带透明 MAU 与 Omninet 基带网的连网试验

在设计这种 MAU 时采用图 4 所示方案,并将基带网 MAU 和宽带 MAU 一起考虑。虽然以常用的 Omninet 基带网作试验网,但为了适应不同种网络的逻辑关系,与基带网络接口板处的输入输出信号都经过了可预置的逻辑变换器。该宽带 MAU 主要性能如下为:最大输出幅度: $2V_{P-P}$ 连续可调;输出阻抗: 75Ω ;解调器最小输入信号: 10mV ;解调输出相位抖动: 小于 $\pm 5\%$;误码率: 小于 10^{-9} 。

误码率的测试是在 OFANET 网上,距离 1.2km ,在活动图像信道、语音和控制信号同时工作的条件下,采用 BER-1-2 型误码率测试仪连续测量,调制速率 1Mbit ,码型分别采用人工码及 M^{15} 伪随机序列。

由 Omninet 基带网和宽带透明 MAU 形成的 OFANET 宽带计算机网络系统正在齐齐哈尔钢厂运行,它有四个计算机网络工作站,最远距离 1.2km 。在运行中人工施加了各种干扰(在距宽带 MAU 10cm 处,运行电钻或 220V 开断式电铃),网络干线又经过大型电弧炉附近(开关电流约一万五千安),对 OFANET 的工作都未产生任何影响。说明网络的抗干扰性能很好,适于工业环境运行。

参 考 文 献

- [1] IEEE Std. 802, July, 1983.
- [2] Alan Colvin, CSMA with Collision Avoidance, *Computer Communication*, Oct (1983), 227—235.
- [3] Abraham, M. E., Running Ethernet Modems Over Broadband Cable, *Data Communication*, May (1986), 199—212.

OFANET—A BROADBAND COMPUTER LOCAL AREA NETWORK COMPATIBLE WITH THE BASEBAND NETWORK

WANG GUANGXING LI WANXING YU DAMING

(Northeast University of Technology)

ABSTRACT

In this paper, a broadband computer local area network compatible with the baseband network, OFANET is presented. Its basic principles are described. A design and implementation of the important devices——broadband transparent transmission MAU are given. The computer network channel of the OFANET is constructed from a current baseband computer network——Omninet and the broadband MAU's. The advance and realization of the broadband transparent transmission MAU will open up a new field for the combination of broadband and baseband techniques.

IEEE 国际系统工程学术会议将于 1989 年 8 月在美召开

IEEE 国际系统工程学术会议是由美国莱特州立大学电气系统工程系和 IEEE 空间和电子系统学会联合主办的新的系列性国际学术会议。每年开会一次，单年由美国莱特州立大学电气系统工程系组会，双年则由其它国家的高等学校组会。第一届年会将在 1989 年 8 月 24—26 日在美国莱特州立大学召开。会议内容包括系统工程各个方面，分下列多种小组：

机器人及加工系统；大系统；神经网络和国象系统；远程通讯系统；估计与辨识；工业自动化系统；航空电子系统；控制系统；人工智能与专家系统；生物医学系统；数字信号处理；系统建模和模型简化。

欢迎投稿并参加会议。在 1989 年 1 月 15 日以前，先寄三份 300 字的摘要，并列岀论文题目、作者姓名、地址、所属单位、电话号码。

录取通知将于 1989 年 2 月 15 日寄岀。

全文内容不超过四页，在 1989 年 5 月 15 日之前寄岀。

摘要与全文请寄交：

Dr. B. A. Sheno

Department of Electrical Systems Engineering

Wright State University

Dayton, Ohio 45435—0001

(天津大学 刘 豹)