

# CWDM光传输系统中的数字包封器技术

戴玉玺<sup>\*1</sup> 马建国<sup>1</sup> 阳辉<sup>2</sup> 阮方<sup>2</sup>

(1. 西南科技大学信息与控制工程学院 四川绵阳 621002; 2. 清华大学电子工程系 北京 100084)

**【摘要】**针对城域传输网的特点,提出了稀疏波分复用方案。研究了城域网CWDM光传输系统中的数字包封器技术,对数字包封器的原理、基本结构及其对系统部件的基本要求进行了深入的探讨。并在此基础上提出了系统硬件和软件实现的解决方案,对数字包封器技术在城域网CWDM光纤传输系统中的应用前景进行了大胆的预测。

**关键词** 稀疏波分复用; 数字包封器; 光分插复用器; 光传输网  
**中图分类号** TN929.11 **文献标识码** A

## Digital Wrapper Technology in CWDM Optical Transport System

Dai Yuxi<sup>1</sup> Ma Jianguo<sup>1</sup> Yang Hui<sup>2</sup> Ruan Fang<sup>2</sup>

(1. College of Information & Control Engineering, Southwest University of Science and Technology of China Sichuan Mianyang 621002;  
2. Dept. of Electronic Engineering, Tsinghua University Beijing 100084)

**Abstract** Aiming at the character of optical transport network of MAN, a solution of CWDM is put forward. Digital wrapper technology, which is used in CWDM optical transport network of CWDM, is studied. The principle and the basic structure of the digital wrapper and the basic demand for system parts are described in this article. Implantations of the hardware and software is present. At last, forecasting boldly the future of digital wrapper technology, which is used in CWDM optical transport network.

**Key words** optical wavelength division multiplexing; digital wrapper; optical add/drop multiplexing; optical transport network

随着骨干传输网、局域网容量的大幅度增长,网络宽带化的瓶颈已经转移到位于这两者之间的中间网络——城域网,城域网的建设成为今后各大运营商争夺的焦点。如何构建一个大容量,支持多业务、多协议的城域传输网,则是各大运营商要面临的主要问题。

城域网的建设使很多系统集成商将目光投向波分复用(WDM)技术。但城域网绝不是小型化的长途骨干网,它是以宽带光传输为开放平台,通过各类网关实现语音、数据、图像、多媒体、IP接入和各种增值业务及智能业务,并与各运营商长途网互通的本市(地)综合业务网络。

城域网与长途网相比有不同的特性,城域网承担着集团用户、商业大楼、智能小区的业务接入和电路出租业务,具有覆盖面广、投资量大、接入技术多样、接入方式灵活等特点。但它传输距离较短,通常只有50~80 km,因而可不用光纤放大器(EDFA)。显然,波长问题是网络设计重要的因素。

1) 低成本是城域网光纤传输系统最重要的特点。由于城域网传输距离一般不超过100 km,因而不必使用长途网必须用的外调制器和光放大器,使元器件特别是无源器件的成本大幅度下降,降低了整个系统的成本。

2) 城域网光纤传输系统具有丰富的组网能力。它除了能实现点对点外,还能组成光通道自愈环,提高

2002年7月4日收稿

\* 男 25岁 硕士生 主要从事光纤通信系统理论和IP DVD网关方面的研究

网络的安全性和可靠性,尤其是可为城域网中的数据业务(ATM、IP)提供基于光纤的高速倒换保护。

基于上述特点,提出了稀疏波分复用稀疏波分复用(Coarse WDM, CWDM)的概念。CWDM技术利用城域网光传输网中的波分复用不必受EDFA放大波段限制的特点,用比DWDM系统宽得多的波长间隔进行波分复用。

### 1 数字包封器的提出背景

为实现光联网,让业务信息直接通过光联网(Optical Networking)传送,有效的管理光信道(OCh),以支持各种光联网的应用,必然要有OCh的OAM&P信息。在其他的系统中,这些功能是由SONET/SDH来完成的。管理光OCh通道主要有三种方式:

- 1) 副载波调制(SCM):在每一个携带信号的光波上叠加一个特定频率的低频载波信号,用来载送监控信息。
- 2) 光监测通道(OSC):提供一个专门的光通道来传送监控信息,主要承载光传输段(OTS)和光复用段(OMS)的段开销信息。
- 3) 数字包封器(DW):在光净负荷信号之外附加一个与SDH段开销结构相似的光开销字节,携带相应的信息,直接支持到光通道层的管理功能,如性能监测、信息更改、故障监测等。同时由于每波段开销彼此独立,因此当一个波道发生故障时不会影响其他波道的网络保护功能<sup>[1]</sup>。

三种方案有各自应用的领域,但数字包封器的方法定义比较严格,为今后光网络管理能力的发展预留了空余字节,所以是一种非常有潜力的方案。鉴于多波长光网络技术的成熟和发展,在不抛弃现有WDM系统中已有的光-电再生设备的情况下,使用数字包封器技术将在低成本和不给网络增加任何额外设备的基础上,为网络提供类似于SONET/SDH的强大功能和可靠性保证。

### 2 数字包封器

数字包封器是用信道开销等额外比特数据从外面包裹OCh客户信号的一种数字包封,它是一种随路开销载送方式。对于在OCh中传送的客户信息,OCh OAM信息是额外的,它只能在OCh的“开销”中承载。它主要由光信道净荷、FEC开销和光信道开销三部分组成,总称为OCh容器。这种包封技术与输入的信号格式无关,且净荷以恒定比特率传输。

ITU-T Rec.G.709给出了ONNI(Optical Transport Network Node Interface)的基本结构。OTN的分层结构由光通路层、光复用层和光传输层三层组成。

光通路层提供了一个端到端的光通路连接,用于透明地传送各种形式的客户信号(目前仅考虑数字信号)。该层具备两个功能:1) 光通路开销功能:光通路连接的重构;2) 光通路监控功能:用以保证适配后的客户信号(进入光通路层的信号)完整性。光复用段层将承载于WDM的光信号连接成网。该层具备的功能有:光复用段开销、光复用段监控。光传输层在各种光传输媒质上传输光信号,该层具备的功能有:光传输层开销,光传输层监控。数字包封技术所要处理的部分就是光通道层,它包括光净荷单元(OPUk)、光数据单元(ODUK)和光传输单元(OUTK)<sup>[2,3]</sup>。

数字包封器(Digital Wrapper)是帧结构中的开销字节,这些开销用作光通道处理,诸如连接有效性、传输质量评估、传输错误监测和指示。即是SONET/SDH中的操作、管理、维护和处理(OAM&P)。数字包封器帧结构如图1所示。



图1 数字包封器帧结构

如果仅采用给传输数据流增加数字开销的方法,对传输信号的性能改进较少,因此需要使用一种提高光纤系统传输网性能的方法,目前普遍采用的是前向纠错(FEC)技术。FEC技术的使用,使WDM系统可以在单根光纤上具有更多的信道数、每个波长上承载更高的数据比特率,同时也扩展了再生器之间的距离。如果将净荷数据和OAM开销与FEC相分离,则允许在不同的链路上使用不同的FEC技术。

ITU-T Rec.G.975中规定了前向纠错码(FEC)的用法。它采用RS编码,RS码适合于纠正突发错误<sup>[4]</sup>。本系统采用RS(255, 239)编码和译码,它仅增加7%(16/239)的冗余,但误码率却大大降低,光信噪比OSNR增益提高5~7 dB,所以使系统所需接收灵敏度大大降低,同时也提高了传输距离<sup>[5]</sup>。

### 3 采用数字包封器技术的城域网CWDM光纤传输系统的硬件实现

城域网CWDM光纤传输系统的硬件实现如图2所示。本系统采用4波长(包括1 510 nm, 1 530 nm, 1 570 nm, 1 590 nm)上下。每个OADM节点在每个环路方向各上下两个波长,承载与中心结点之间的业务,其中一个波长传送SDH业务,另一个传送IP业务,采用千兆以太网(GE)接口,两个OADM节点之间无直接业务。环路采用双纤双向结构,主备用信道采用1+1备份方式,备用信道可以用于低优先级业务的传输,主要是吸收IP的突发业务,降低IP业务的延时和缓存,提高其服务质量。备用信道在光缆发生故障时用于保护主用信道,在只发生一处断缆事故的情况下,可以保证不丢失主用业务。环路的成本和容量与两套点到点4波CWDM系统相同,但点到点的系统无法提供保护倒换。在OADM节点处进行光/电/光转换,完成波载信息及数字包封开销的插入与析出以及性能监测。

系统OADM节点部分包括光发射和接收模块(完成O/E/O转换,未在图中画出)、复用器和解复用器以及数字包封器功能模块。

1) 光发送模块:输入信号可以是SONET/SDH或GE信号。把信号送入光驱动器中,在自动功率控制(APC)电路的控制下,光驱动器输出一定的偏置电流和调制电流,使激光器工作在适当的工作点,输出调制后的光信号,激光器关断信号通过APC电路在光缆出现故障时关断激光器,以保证维修人员不受激光的照射。APC电路输出两路监测信号,分别监测激光器的平均输出光功率和工作电流,这些监测信号经单片机采集和处理后,送给网管系统,用于监测光源的性能。(激光器采用无制冷MQW-DFB激光器)

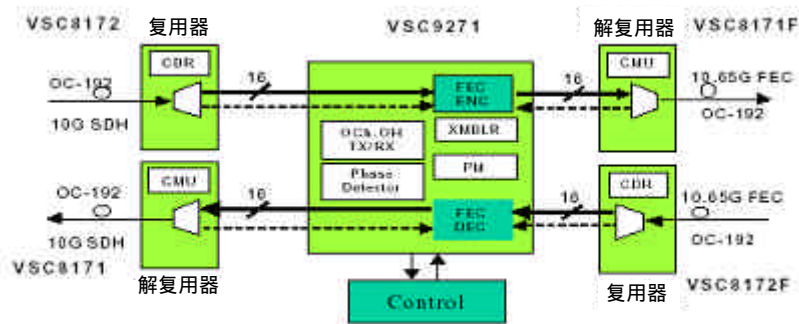


图2 系统硬件实现图

2) 接收模块:属于3R模块。光信号送入光探测器(PIN/FET)经限幅放大器放大后,变成幅恒定的电压信号,再送到CDR中进行时钟和数据的再生。PIN/FET还可以输出一路与输入光功率成正比的监测信号,供给网管监测输入光功率。从外送一路参考时钟信号给CDR(Clock and Data Recovery),以便在信号丢失时,CDR可以将其VCO的频率锁定在参考时钟上,当信号重新到来时可以缩短锁定时间。

3) 复用器和解复用器:在本系统中,复用器将把从16个端口输入16个同一波长的光信号复用到一起并行传输到发送模块。解复用器则是反过程,用来降低传送信息的速率(内部有CDR)。复用器和解复用器分别采用VITESSE公司的VSC8171和VSC8172。

4) 数字包封功能模块:接收16位并行信号,插入或提取数字包封器开销,进行性能(误码率、功率等)监测及故障告警。它是系统的核心部分,采用VITESSE公司的VSC9271的数字包封模块完成此功能,采用RABBIT Semiconductor公司生产的微处理器RABBIT2000作为控制端来控制码流的输入与输出,即开销的插

入与提取。

## 4 软件实现

系统使用的开发工具是Rabbit Semiconductor 公司出品的RCM2200开发工具包。这一工具包包括了用于开发内嵌式系统的大部分硬件资源以及所需的软件工具,功能较为强大。其中,RabbitCore RCM2200 模块是这一开发工具包的核心部分。而Dynamic C语言则是这一开发工具包专用的内嵌式系统开发语言。为了适应内嵌式系统本身的特点,Dynamic C语言在C语言的基础上有所改进和扩展。Dynamic C开发环境自带了相当丰富的函数库,这些库函数包括了通常程序所需的标准输入输出函数、字符串处理函数、通用数学函数、内存管理函数等。此外,它还包括I/O端口驱动直接面向硬件的函数,以及输入输出驱动专用的函数。这些函数极大的方便了应用软件的开发。Dynamic C语言还允许程序员直接使用汇编语言编写程序的某些片断甚至是完整的函数。汇编语言代码可以被直接嵌入Dynamic C语言的程序中。同样,在汇编语言的代码段中也可以嵌入Dynamic C语句或变量。这一特点大大方便了内嵌式程序的编写。

## 5 结束语

目前系统只配置了一个波长的CWDM Transceiver,用622 Mb/s SDH分析仪作为客户端设备,用622 Mb/s SDH信号对系统进行了测试,测试已通过。为检验系统长期工作的稳定性,用90 km G.652光纤(损耗21.38 dB)进行了传输实验,经过24 h的连续测试,系统没有误码,工作非常稳定。

### 参 考 文 献

- 1 顾晓仪,张 杰. 全光通信网[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2000
- 2 ITU-T Rec. G.872. Architecture of Optical Transport Networks[S]. 1999, 11-36
- 3 ITU-T Rec. G.709. Interface for the Optical Transport Network[S]. 2001, 11-75
- 4 曹志刚,钱亚生. 现代通信原理[M]. 北京:清华大学出版社,1999
- 5 ITU-T Rec. G.975. Forward Error Correction for Submarine Systems[S]. 2000, 6-19

编 辑 漆 蓉

---

· 成果与专利 ·

### 对称磁体磁控溅射源

对称磁体磁控溅射源介绍了一种用于薄膜制造技术的磁控溅射磁体和一个内部一月形永磁体形成磁控溅射磁场,在内部永磁体的外围装有一个溅射阴极,并在它的上面安放着靶材,在外部永磁体和水冷溅射阴极之间装有一个阴极屏蔽罩,屏蔽罩和水冷溅射阴极的下部置于绝缘体上。该磁控溅射源不仅可实现高溅射淀积速率,低基片温度,而且可将靶材利用率从平面磁控溅射源的30%提高到64%。

· 文 争 ·