

光学 TDM 技术原理与进展

彭小娟, 陈长缨, 陈晓天

(广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510643)

摘要: 介绍了光学 TDM (OTDM) 的组成原理及关键技术. 分析了 OTDM 技术的研究进展以及发展方向. 指出 OTDM 技术的优势所在并说明了未来全光网的建设中 OTDM 技术将占有非常重要的地位.

关键词: 光时分复用; 波分复用; 全光网

中图分类号: TN914

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2004)01-0052-04

1 概论

随着 IP 技术的发展和対大容量传输的需求, 光纤通信系统的发展速度远远超过了数据业务的增长速度, 成为近几年来发展速度最快的技术. 但电子器件处理信息的速率还远远低于光纤所能提供的巨大负荷量. 为进一步满足各种宽带业务对网络容量和传输速率的需求, 刺激人们对对复用技术的极度重视和加大投资. 目前光纤通信主要的复用技术有波分复用(WDM)和时分复用(TDM)两种传输技术^[1].

WDM 技术比较成熟, 已进入商业化阶段. 用电子系统执行的传统的 TDM 商品的传输速率为 10Gbit/s, 2001 年各公司推出速率为 40Gbit/s 的产品. 在今后单纯靠改良电器件来提高传输速率已经没有多少余地了. 如果要进一步提高传输速率, 改善传输效率, 唯一可行的办法就是采用光时分复用(OTDM)技术. OTDM 技术被认为是一个长远的网络技术, 它的一些特点使之作为未来全光网络方案更具吸引力. 本文详细介绍了 OTDM 及其关键技术、研究进展和发展方向, 指出未来全光网络的发展需要是高速 OTDM 和 WDM 网络相互结合, 以建设高速、大容量、性价比合理的全光网络.

2 OTDM 技术

2.1 OTDM 技术原理

光时分复用(OTDM)技术是电时分复用技术在光学领域的延伸和扩展. OTDM 是一种适用于高比特率传输的技术. 它在系统发送端用光学方法复用几个较低比特率数据流, 在接收端用光学方法把它解复用出来. 这种方法避开使用高速电子器件而改用带宽光电器件. 传统的电 TDM 是利用复用器的分路时钟, 分别读取各个支路信号进行合路. 在电 TDM 信号中, 各个支路的位置由复用器时钟来控制. 在光 TDM 中, 则各支路脉冲的位置用光学方法来调整, 并由光纤

收稿日期: 2003-03-14

基金项目: 广东工业大学校级重点学科项目(XZ200103)

作者简介: 彭小娟(1975-), 女, 在读研究生, 主要研究方向为光电信息处理与电磁测量新技术.

耦合器来合路,因而复用和解复用设备中的电子电路只工作在相对较低的速率.电和光 TDM 系统的比较图如图 1 所示^[2].

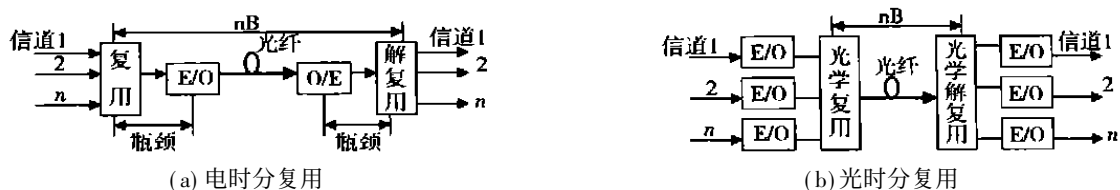


图1 电时分复用和光时分复用系统比较

由图 1 可知,与电 TDM 结构类似的 OTDM 的复用和解复用都是在光学域内完成,克服了 TDM 存在的“电子瓶颈”问题。“电子瓶颈”来源于数字集成电路的限制、E/O 和 O/E 转换中由于驱动激光器或调制器的高功率和低噪声线性放大器的速度限制以及激光器和调制器调制宽度的限制。

2.2 OTDM 高比特率传输关键技术

OTDM 技术仍处于实验室阶段,需要大力推进其商业化进程. OTDM 走向实用化的关键技术有

①超窄波光脉冲的产生与调制技术:要求光源低时间抖动、高重复率、高质量超短波脉冲源或孤子源,能提供 10 G 以上的窄光脉冲.实现的方法有增益开关法、LD 的模式锁定法、电吸收连续光选通调制法和 chirp 光纤光栅法等。

④光时分复用/解复用技术:全光时分复用器由光延迟线和 3 dB 光纤方向耦合器构成,常利用平面光波导技术集成在一起.目前大致有几种形式的器件作为光解复用器,它们是光克尔开关矩阵解复用器、交叉相位调制频移开关解复用器、四波混频 FWM 开关解复用器、非线性光纤环路镜(NOLM)解复用器以及光孤子陷阱开关解复用器等.时分解复用器本质上就是高速的“与”门开关,而电开关采用的是“异或”门开关,从这一点上来说,高速光开关比电开关更简单一些.时分复用光开关技术是 OTDM 系统与网络的核心技术之一.近年来采用 EAM 作为光开关已引起人们的关注^[3].

④光时钟提取技术:时钟恢复是为了使节点接收电路与接收光脉冲数据流同步.但在数据速率超过几个 Gbit/s 时,时钟恢复很困难;对于数据达到几十 Gbit/s 甚至 100 Gbit/s 时,就需要光时钟恢复技术.对于如此高的数据速率有两种时钟恢复技术,一种是电光锁相环(PLL)技术,另一种是光相位锁向环(OPLL)亦称光学锁模.基于四波混频(FWM)处理的光锁相环通常被用于光时钟提取。

3 OTDM 全光网络

通信网络的发展历史悠久,经历了现在已经开始逐渐淘汰的电通信网,目前正在广泛使用的光电混合网络,正朝着全光网络迈进.全光网 AON 以光节点取代现有网络的电节点,并用光纤将光节点互连成网,即在光域完成信号的传输、交换等功能,克服了现有网络在传送与交换中的电子瓶颈,减少了信息传输的拥塞,大大提高了网络的吞吐量^[4].从技术角度来讲,全光网可分为两大类:采用波分复用技术的 WDM 全光网和采用光时分复用技术的 OTDM 全光网.两种全光网均能实现对数据格式和协议的透明传输,并具有良好的可扩展性和重构性.采用 WDM 技术的全光网引入了 OXC 和 OADM 节点,并广泛使用了光开关、滤波器、EDFA 等光器件.由于目前各种光器件性能还不是很理想可能会造成光信号在传输过程中质量下降.造成传输限制的因素

主要有

- 非理想的滤波器和交换开关导致的交叉串扰问题
- EDFA 的增益平坦问题
- 多波长在同一光纤中传输时的四波混频和非线性问题
- 多波长的色散问题
- 光源频率稳定性问题

与 WDM 全光网相比, OTDM 全光网具有其独特的优势, 被认为是最终的网络解决方案. OTDM 全光网采用单一波长, 通过时隙分配实现路由选择, 同时也不排除使用多波长复用的时隙路由分配技术. 其优点集中表现为

- 单一波长, 无需考虑光放大增益平坦问题
- 无非线性和四波混频效应的串扰问题
- 网络节点仅工作于本地电速率
- 简便的光放大器

4 OTDM 应用前景

4.1 研究进展

近几年来, 世界各国对超高速 OTDM 的研究不断深入, 实现 OTDM 的组网优势已经被各国研究人员所关注. 具有代表性研究试验有

1988 年, 贝尔实验室建成了第一个 OTDM 点到点传输实验室系统, 当时的速率为 4×4 Gbit/s.

1994 年英国电信完成了第一个 OTDM 网络实验. 该网络由 3 个节点组成.

1996 年日本 NTT 传输系统实验室使用全光电路进行了 100 Gbit/s 的光时分复用传输试验^[5].

1997 年英国的 BT 实验室报道了有关实现 40 Gbit/s 的 OTDM 局域网的试验研究.

1998 年日本 NTT 实现了最高速率为 640 Gbit/s 的 40 km OTDM 传输系统. 1999 年第 25 届 ECOC 会议上, 日本 NTT 又实现了 $640 \text{ bit/s} \times 100 \text{ km}$ 的 OTDM 传输试验.

在我国, “九五”期间国家“863”计划通信主题将时分复用技术列为重点课题, 第一阶段工作即 8×2.5 Gbit/s、100 km OTDM 实验系统已完成. 目前正在进行 4×10 Gbit/s OTDM 点对点系统和 OTDM 网络关键技术如分插复用器、OTDM/WDM 网络接口及全光再生等方面的研究.

2002 年 8 月 ECOC 会议上 Siemens ICN 阐述了用于 160 Gbit/s OTDM 系统新的传输设备和高速转换技术能使点对点的传输系统降低成本和使之商业化成为现实.

4.2 发展方向

从目前研究情况看, OTDM 存在如下几个发展方向:

一个发展方向是研究更高速率的系统, 并和 WDM 相结合, NTT 一直在从事这方面的研究工作, 其 OTDM 实验系统的最高速率从 100、200、400 直到 640 Gbit/s; 第二个发展方向是 OTDM 实用化技术和比特间插的 OTDM 网络技术, 国外一直在从事 40 Gbit/s 的系统和网络方面的研究工作, 其中一些关键器件已接近实用, 如锁模半导体激光器、光电型和全光型分插复用器等, 而且在 40 Gbit/s 的 OTDM 信号的传输方面也进行了许多现场实验, 取得了很大进展; 第三个方向是 OTDM 全光分组网络, 光的分组交换网络将是全光网络的一个发展方向, 美国和英国在这方面都进行了大量研究^[6].

在网络方面,由于 OTDM 是远距离上实现超高速的一项有效技术,它作为点对点的高速通信技术,是发展高速广域网的一个有效途径,所以从长远来看,OTDM 和 WDM 的结合是将来网络发展的方向,它既可以充分合理地利用现有的技术和设备,又可以提高容量满足多用户需求。如在 WDM 网络中,由于波长决定网中的最后用户,可将光通信网分割成几个波长传输的子网,不同用户构成不同的 WDM 局域网,但由于远距离传输多波长受到限制,各子网间可利用大容量的单一波长的 OTDM 技术传输作为广域网,这样便构成了 WDM/OTDM 网。网络中由 WDM 构成子网,利用 OTDM 高速信道把各个 WDM 子网连接起来。OTDM 是光纤通信系统实现超大容量、超高比特率传输的一个有效途径。OTDM 与 WDM 相结合可满足将来大容量、宽带业务的需求,是走向全光网络最终实现“信息高速公路”的有竞争的技术途径之一。

参考文献:

- [1] 吕雅利,林金桐. OTDM 的一项技术优势[J]. 光通信研究,2001,(5):9-11.
- [2] 孙学康,张金菊. 光纤通信技术[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2001.
- [3] Yanda HT, Mural H, Pratt AR. Scaleable 80Gb/s OTDM using a modular architecture based on EA modulators [A]. ECOC 2000[C]. Berlin Offenbach: VDE VERLAG, 2000. 47-48.
- [4] 张宝富. 全光网络[M]. 北京:人民邮电出版社,2002.
- [5] 贾东方,丁永奎,杨天新,等. 超高速 OTDM 进展及 10Gbit/s 级可行性分析[J]. 电子产品世界,2001,(9):49-51.
- [6] Als AA, Ghassenlooy Z, Swift G, et al. Performance of the passive recirculating fiber loop buffer within an OTDM transmission link[J]. Optics communications, 2002, 209(1-3): 137-147.

Principle and Progress of OTDM

PENG Xiao-juan, CHEN Chang-ying, CHEN Xiao-tian

(Faculty of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510643, China)

Abstract: The principle and the key technology of optical time division multiplexing(OTDM) are introduced in this paper. The research progresses and development direction are analyzed. The advantage of OTDM and its important position in the coming all-optical networks are also pointed out.

Key words: OTDM; WDM; all-optical network