

# 基于 GMPLS 的下一代全光宽带通讯网络

高应俊  
暨南大学光电工程研究所

## 一、前言

近年来,由于大容量数据存储需求的扩张,以及计算机联网计算的需要,数据传输量以每年千兆兆速率递增,通讯网络的容量需求爆炸性增长。要满足这种增长需求,最经济的方式是采用包括光信息传输、光交换以及智能控制网络系统的全光通讯网络。未来,人们将生活于无所不在的新型通讯网络环境中,这种网络能提供所有所希望的通讯需求。这种网络可以看作是一种把人类与服务系统连接起来的智能环境。这种智能环境要自然地建立在我们的周围例如人类工作和生活的建筑中,可以随时提供各种通讯服务,例如多媒体娱乐、个人通讯和信息传输以及远程教育等。显然,这种智能环境的实现,需要大容量传输的、低成本的全光网络有线通讯系统。

本文对下一代光通讯网络研究进展作一介绍,主要介绍基于广义多协议标记信息交换技术(GMPLS, Generalized multi-protocol label switching)和物理层技术来实现远程通讯增值服务的下一代光通讯网络。

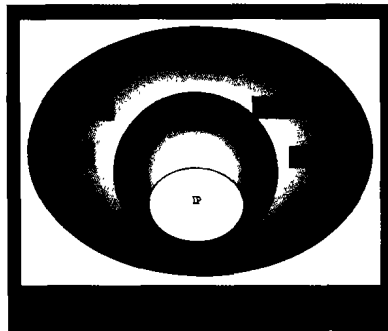
近年来下一代全光通讯网络的研究和开发进展非常迅速,其中对广义多协议标记信息交换技术的研究,被认为是实现下一代网络通讯的关键。相对于当今通讯网络而言,采用GMPLS技术的下一代光通讯网络是一种革命性进展,这主要体现在下述两个原因:

1. 网络运行成本将显著降低。因为GMPLS网络是自主管理的,因此实际上无需利用具有统一网络控制管理功能的网络调度系统。
2. GMPLS网络是通过GMPLS控制块来调度的。如果该控制块位于网络运行管理区域之外,则可实现由客户端来控制。这一功能对建立增值服务系统非常有用。

采用GMPLS网络技术,就有可能对客户对等服务,同时要求网络物理层面的点到点要具有“透明性”。在下一代通讯网络的物理层面,网络的调制制式和数据传输率应当对客户信号透明,因此,网络节点应当配置全光信号处理设备而不是电子信号处理设备;如果网络对客户信号是完全透明的,则点到点的光通路成为模拟信号传输通道,因此,为保证客户信号的质量,应当对整个网络监测和管理光纤通路的物理参数的变化;有些光纤参量是随环境条件例如光缆的温度及所受张力等发生变化,因此有必要监测光纤的这些参数变化情形以及每一通路的信息传输质量。

## 二、GMPLS 控制块架构

图1表示了与因特网(IP)相关的运行协议的演变过程。IP是无连接信息包传输路由技术,在这种技术里,每一个节点独立决定每一个信息包的路由。多协议标记信息交换技术对每一信息包引入面向连接的路径。在MPLS技术中,对每一信息包相同的信息交换附加相同的标记,因而在每一个节点由路由器按照所附加的标记提供信息路径。按照这一观念,这样的路由器称为按标记作信息交换的路由器。



如上所述,在MPLS网络中,每一IP信息包的面向连接的路径是按照标记确立的。按信息标记确定MPLS路径连通具有保密安全性,它现在广泛用于IP虚拟安全网络(VPN)通讯服务。

非常自然,我们可把类似MPLS的技术应用到各种定向连接的路径,例如SONET/SDH路径、ATM路径、波长路径以及光纤路径。就这一意义而言,GMPLS是MPLS的概念延伸。在GMPLS网络中,SONET/SDH交叉连接、ATM交换以及光交换(OXC)等线路交换设备被当作交换元。用信息路由协议计算好路径后,利用发送信号协议来建立线路交换。

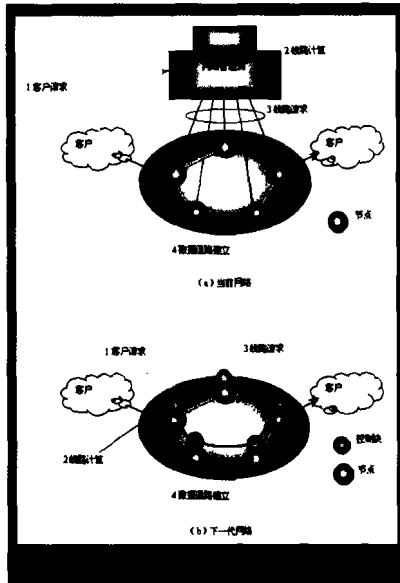
在GMPLS技术中,控制线路交换的信号须由专用网络来传输,该网络称为控制块。通常控制块与数据块是分开的。在GMPLS网络中,我们可以利用波分复用(WDM)、OXC以及信息标记交换路由器等各种传输设备。

在标准传输层,数据信号是用上述设备传输的。按照GMPLS协议,带标记信息交换的通路(LSP)负责建立必须的信息路径。服务层实际上给终端用户提供远程通讯服务例如IP-VPN、波长路径等。标准控制层要负责所有上述层面的控制。

图2表示现代和下一代网络控制机制。图2(a)的当前网络中,如果客户请求一个通讯路径,网络管理调度员则要计算由信息源到目标用户的最佳线路。当该路径计算确定后,网络调度员给网络中每一节点发出使用该路径的指令,这样就实现了该通讯路径的确立。但在图2(b)中的下一代通讯网络中,客户

所请求的路径是由控制块响应和处理的,信息是在每一节点相互交换的。因此,利用GMPLS协议,信息通路是自主建立的。因此,在下一代通讯网络中信息通路是自主确立的,不需要信息管理调度系统。

下一代通讯网络中,OXC不是如同当前网络中那样放在路由器中,而是放置在主要节点。路由器是由OXC联接起来的。每个OXC是由密集波分复用系统(DWDM)互连的。应当注意,这里的网络结构是网状联接的而不是环形联接的。因为下一代网络是基于因特网互连结构的,网状结构适合于信息包分路径高效传送。



中要连接的两个点。在这种通讯服务中,由于网络控制是由客户进行的,因此需要严格的安全注册系统。为此,NTT采用IC卡公共认证系统(PKI)。客户一经PKI认证后,其脸面或指纹就被留档供注册鉴别。

在该样机系统中,由Web浏览器指令建立波长路径的过程,以及由GMPLS网络控制块建立起路径的过程是完全自动进行的,不需人工干预。

通过给客户这种按需服务,大大丰富了客户对路径需求的多样性。

在该样机系统中,由客户端的操作员输入路径建立指令,但网络操作员并不限于人。可以预期,将来当GRID计算应用成熟时,计算机之间的通讯量将大大增加。在这样的网络中,每一台计算机要利用网络各种资源时,应该都能控制网络。如果能在网络中提供恰当的应用程序接口(API),不用人工干预网络,每台计算机都能很容易地经由API去控制网络。NTT认为这是下一代网络的崇高目标。

## 五、动态可重构全光网络中的自动色散补偿及下一代网络测量

如前面所述,未来全光透明网络中,由于客户信号是由模拟通路传输的,从源到终端的信息传输管理是相当重要的。在这样的动态可重构网络中,如果波长路由由一种配置到另一配置是动态变化的,则该路径的物理参量亦应相应变化,这就有可能影响用户信号的传输质量。

在光纤物理参量中,色散(CD)是影响传输特性的最重要的参量之一。特别对40Gbit/s传输系统,需要严格控制色散。如果下一代40Gbit/s通讯网络的信号波长通路可动态重构,则沿传输路径的总色散应可相应变化,这样就需要动态补偿接收端的累积色散。

为演示下一代网络自动色散补偿的必要性和有效性,NTT进行了有关试验。他们的实验装置是一个32通道的波分复用系统,其载频间隔为100G,传输速率为40Gbit/s。该实验系统由四段光纤和在线光放大器所构成。第一、二、四段光纤为80Km,它们的色散和色散斜率几乎由每一段光纤的色散补偿和斜率补偿(SC-DCF)方式给补偿了。第三段光纤的输入和输出端加有光开关,可选择三种不同的光纤插入来改变色散。因此,系统的总色散可由第三段光纤改变。这三种光纤的插入分别给出+273、+195和+313 ps/nm的色散。在接收终端,采用了一个可以自动补偿-380ps/nm到-185ps/nm色散的色散补偿器。NTT在实验中用光开关自动切换第三段光纤作色散补偿,并随时监控信号的Q品质因子。实验中当自动色散补偿过程达到稳定状态后,Q因子一直保持其最佳值。

这一技术对下一代网络系统的动态路径重构是完全必需的。

光纤的某些参量由于外部环境条件的变化会改变,因此应当监控每一相关链路的光纤参量的变化。另外,由于全光透明网络中没有电子终端,还应当监控客户信号的全光传输质量,其质量监控也是极为需要的。

## 三、用GMPLS建立增值服务

采用基于GMPLS的网络,就有可能建立增值服务,这是用当前网络技术不可能实现的。

在GMPLS网络,网络是由控制块控制的,这就是说可在网络外部控制网络运行,例如一个网络客户可某种程度地控制网络运行。

下一代网络的上述特点,有可能建立若干增值服务:例如按计划提供波长使用服务;按需求提供波长使用服务;以及提供虚拟安全网络(VPN)波长使用服务等。

利用当前网络技术也有可能发展这些服务,但成本很高,因为网络中的所有设备不是由一个单一控制块来管理,这些设备必须调节修改,才能普适同一网络管理调度系统。相反,下一代网络是由标准控制块来控制的,因而只需少量附加成本就可建立起增值服务。

## 四、按需或按计划提供波长使用服务的样机及未来网络

日本电话电报公司(NTT)研究开发了一种提供按需及按计划波长使用服务的样机。在该样机系统中,有可当作客户节点的3个PC机。每一PC机配有摄像机及Gbit以太网(GbE)LX视频传输接口。这3个PC节点由一个商用光开关相互连接。这3个PC和该光开关由GMPLS网络连接和控制。带标记信息交换路径(LSP)控制器负责信息的调度和发送。

在用户接口,NTT采用一个Web接口用于线路指令的接收。客户能够规定在所安排的波长使用服务中两个定点的波长通路的起止使用时间。对按需服务,客户只需指定Web浏览器