

研究报告

光传送网中光监控通道信号 Q 值 在线监测技术

唐 勇, 孙小菡, 张明德, 丁 东

(东南大学电子工程系, 南京 210096)

[摘要] 提出了一种带有光监控通道 (OSC) 子系统的光传送网 (OTN) 分层结构模型, 分析了 OSC 中的信号特点, 指出 OSC 信号质量决定了运行、管理和维护 (OAM) 信号的可靠性。依据 Q 值与误码率 (BER) 的一一对应关系, 提出了一种可在线监测 OSC 信号 Q 值的方案, 并基于数字信号处理芯片 (DSP) 技术设计了监测模块, 实现了 OSC 信号在线 Q 值监测。

[关键词] 光传送网 (OTN); 光监控通道 (OSC); 运行、管理和维护 (OAM); Q 值监测

1 引言

密集波分复用 (DWDM) 技术被广泛用于构成光传送网 (OTN), 承载各种数字业务信号^[1]。为适应网络管理的需要, 要求 OTN 提供支持运行、管理和维护 (OAM) 信息的通道^[2,3]。现有的实现方式中, 副载波调制 (SCM) 和数字包封 (digital wrapper) 技术属于带内开销, 光监控通道 (OSC) 技术属于带外开销。

按照 ITU-T G.872 建议, OTN 可以自上而下垂直划分为三个独立的网络层, 即光通道层 (OCh)、光复用段层 (OMS) 和光传输段层 (OTS), 两个相邻层之间构成客户/服务层关系^[1,4]。OSC 主要传送 OMS 层和 OTS 层的维护及管理信息, 目前制定的 OSC 技术标准使用 DWDM 系统的带外光频率, 其光接口参数指标见表 1。

为保证 OTN 系统光层 OAM 信号的传输质量, 有必要对 OSC 信号的误码率 (BER) 进行监测^[5,6]。一般测量 BER 的方法是使用伪随机比特序列 (PRBS) 模拟实际传输, 直接测量数字信号的 BER。这种策略的缺陷在于不能进行在线监测, 不符合高速传输系统网络管理的要求^[7]。

Q 值与 BER 有一一对应的关系^[8], 可以作为一个衡量信号传输性能的直观、有效的参数。实现

OSC 子系统的 Q 值在线检测可以保证 OAM 信号的传输提供可靠的依据。本文将分析带有 OSC 子系统的 OTN 分层模型和实现 Q 值在线监测的 OSC 结构, 根据光纤数字通信系统 Q 值检测的原理, 提出基于 DSP 技术实现在线监测 OSC 信号 Q 值的方法。

表 1 OSC 系统的光接口参数

Table 1 Optical interface parameters of OSC system

光接口参数	指标
波长/nm	1 510 ± 10
速率/Mb·s ⁻¹	2.048
光线路码型	信号反转码 (CMI 码)
光线路码传输速率/Mb·s ⁻¹	4.096
发送光功率/dB·m	0 ~ -7
接受灵敏度/dB·m	48 (BER 为 1 × 10 ⁻¹¹)

2 结构模型

2.1 有 OSC 的 OTN 分层结构

包含 OSC 子系统的 OTN 分层结构模型见图 1。在此结构中, OSC 位于 OTN 的 OMS 和 OCh 层的位置, 嵌于 OTS 层传输。OSC 携带 OTS 层和

OMS层的所有开销信息，也可以加以扩展，传递 OCh层开销信息（图1中虚箭头所示）。其帧结构中的净荷（payload）传递两类信息：维护信号和管理信息，其中维护信号用于网元（NE）之间交换信息，而管理信息用于网元与操作系统（OS）之间交换管理数据。OSC使用的载波波长为 $1510 \pm 10 \text{ nm}$ ，属于 DWDM 系统的带外开销，可以避免占用 DWDM 系统业务波长信道。

2.2 可在线监测 Q 值的 OSC 结构

OSC 系统的主要功能包括：OSC 通道发送和接收；CMI 编解码；时钟获取和数据再生；OSC 帧定位和处理以及 OSC 通道故障检测和性能监测等。Q 值的在线监测可以归入 OSC 通道的性能监测模块。如图 2 所示，在 OTS 层传输的带外光信号经过光滤波器送到光收发模块，得到电信号（OSC 信号码流），然后送至 Q 值监测模块，经过计算得到 Q 值，OSC 信号质量指示生成后上传至

网络管理系统。

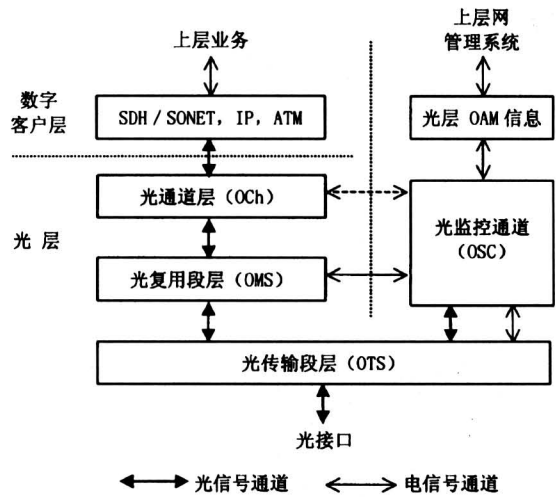


图 1 包含 OSC 子系统的 OTN 分层结构
Fig.1 The hierarchical model of OTN with an OSC subsystem

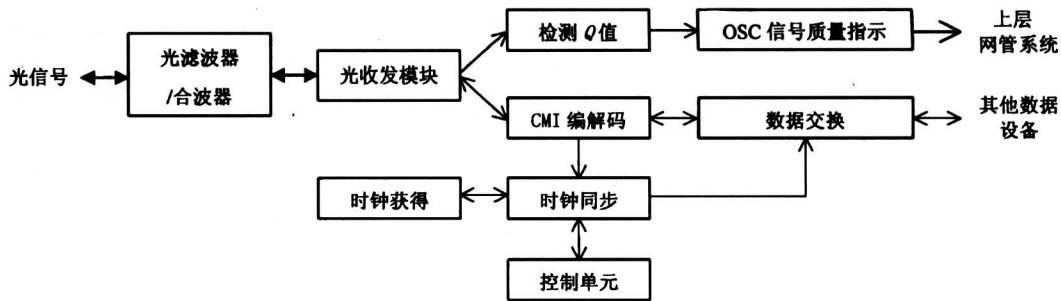


图 2 在线监测 Q 值的 OSC 系统功能模块

Fig.2 Functional modules of an OSC subsystem with on-line supervision for Q-factor

3 光监控通道 Q 值监测原理与实现

3.1 数值方法检测 Q 值原理

设数字通信系统中空号“0”和传号“1”的电压均值分别为 V_{m0} 和 V_{m1} ，均方差分别是 σ_0 和 σ_1 。那么 Q 值可以定义为：

$$Q = \frac{V_{m1} - V_{m0}}{\sigma_0 + \sigma_1} \quad (1)$$

设 V 为待测信号，是经过光层 O/E 变换后的电平。对于网络通信系统，可以一帧信号计算出一个 Q 值。根据帧中每位电平值适当变化的判决电平，为一个变值 V_i (i 表示第 i 个)。对一帧中的

V_i 进行递增排序，设 $F_1(V_i)$ 和 $F_0(V_i)$ 为该帧在判决电平取 V_i 时的传号和空号数。用 $f_0(V_i)$ 和 $f_1(V_i)$ 分别表示空号、传号在 $V_{i-1} \leq V < V_i$ 区间出现个数差：

$$f_0(V_i) = F_0(V_i) - F_0(V_{i-1}), \quad (2)$$

$$f_1(V_i) = F_1(V_i) - F_1(V_{i-1}) = -f_0(V_i). \quad (3)$$

由式 (2) 和式 (3) 及均方差的定义，可得到空号和传号的均方差计算表达式：

$$\sigma_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^n [f_0(V_i) \cdot (V_i - V_{i0})^2] / \sum_{i=1}^n f_0(V_i)}, \quad (4)$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^n [f_1(V_i) \cdot (V_{i1} - V_i)^2] / \sum_{i=1}^n f_1(V_i)}, \quad (5)$$

式中的 V_{i0} 与 V_{i1} 分别是判决电平取 V_i 时的空号、传号的电平均值。

根据式 (1)、式 (4) 及式 (5) 即可求得 Q 值，可以用数值方法实现。

3.2 基于 DSP 技术的在线监测方案

DSP 技术在实时信号处理领域有着广泛的应用，高速 DSP 可以满足对 OSC 信号进行在线监测的要求。依据 OSC 系统的接口标准特点，拟采用 DSP 技术构成 Q 值在线监测模块，其框图如图 3 所示。

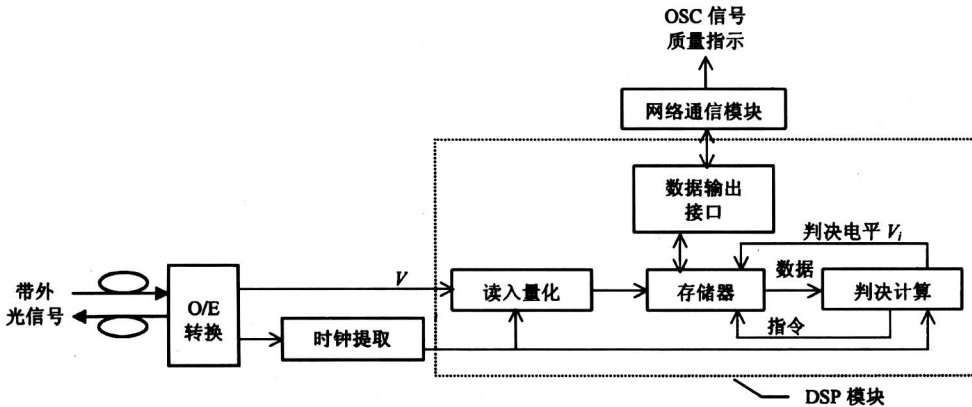


图 3 基于 DSP 的 OSC 系统 Q 值监测模块

Fig.3 DSP-based Q-factor supervisory module for OSC system

OSC 采用 ITU-T G.704 建议的 E1 结构，监控通道的标称比特率为 2.048 Mb/s (帧频为 8 kHz，帧长 32 时隙，每时隙 8 b)。由于采用了 CMI 编码方式，故 OSC 光线路码传输速率为 4.096 Mb/s，适合于使用高速 A/D 模块进行量化。

在光层传送的 OSC 信号经光收发器进行 O/E 转换成电信号，提取同步时钟信号。为确保在线检测的实时性和正确性，时钟同步是非常重要的，需要满足条件：a. (量化电路系统周期) + (存储时间) < (待测信号比特周期)；b. (判决计算电路系统周期) + (1 次 Q 值计算所需时间) (待测信号帧周期)。同时，信号由 DSP 模块的 A/D 处理模块进行量化后输入到存储器，并进行判决计算，计算结果存入到存储器内。DSP 与网络通讯模块可以通过标准的 RS-232 接口进行低速连接，也可以通过并行总线或者共享存储器等方式进行高速连接。网络通讯模块把 OSC 的信号质量信息向网络管理系统报告。

TMS320C62X 系列是一种高端的定点 DSP 产品，广泛适用于各种宽带通信和图像实时处理^[12]。选用 TMS320C62X 系列 DSP 可以得到高性价比的监测方案，其成熟的技术、简单的操作满足 OSC 系统 Q 值在线监测的要求。TMS320C62X 系列 DSP 具有强大的能力与后台主机进行高速通讯，

配以高速 A/D 可以实现 Q 值的在线监测。采用 TMS320C6201 DSP 芯片的 Q 值在线监测模块硬件示意图见图 4。

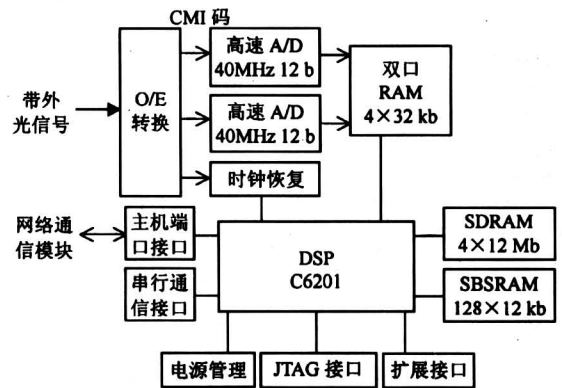


图 4 采用 TMS320C6201 的信号采集监测模块

Fig.4 The signal acquisition and supervisory module using TMS320C6201

图 4 中，时钟恢复电路从码流中提取同步时钟信号，送入 DSP 用于采样控制。选用最高采样频率可达 40 MHz 的高速 A/D 芯片，采样分辨率为 12 b。两路 A/D 可同时接信号进行采样，这样处理的速率可以提高一倍。双口 RAM 作为高速采样缓冲，容量达到 4 × 32 kb。与网络通信模块的连接选用 DSP 的主机端口接口 (HPI)。模块的工作

流程是:

- 1) 由 DSP 根据同步时钟信号启动 A/D 采样, 控制 A/D 采样频率;
- 2) A/D 通道每采样一个点, 都把结果存入双口 RAM 中;
- 3) 将双口 RAM 的存储空间分成数块, 每采完一定数量的数据 (1 帧) 即产生一个外部中断, 请求 DSP 将块中的数据取走。取数时 A/D 继续采样, 得到的采样数据写入下一块, 各块轮流工作;
- 4) DSP 收到外部中断, 根据公式计算 Q 值并存储到 SBSRAM 中。

外部网络通信模块通过轮询或者定时方式取得 Q 值计算结果, 生成 OSC 信号质量指示并做进一步的处理。

3.3 模拟实验结果和讨论

模拟 3 个长度均为 1250×8 b 的 TTL 电平序列作为待测帧, 将电平进行 10 b 量化, 即 0 V 和 5 V 分别量化为 0 和 1023。图 5 为表 2 的序列说明与计算结果所描述的序列 $F_0(V_i)$ 和 $f_0(V_i)$ 曲线。横坐标为 V_i 的量化值, $F_1(V_i)$ 和 $f_1(V_i)$ 可根据传号、空号的关系得出。由于信号及叠加干扰较有规律, V_i 取值集中在 V_{m0} 和 V_{m1} 。

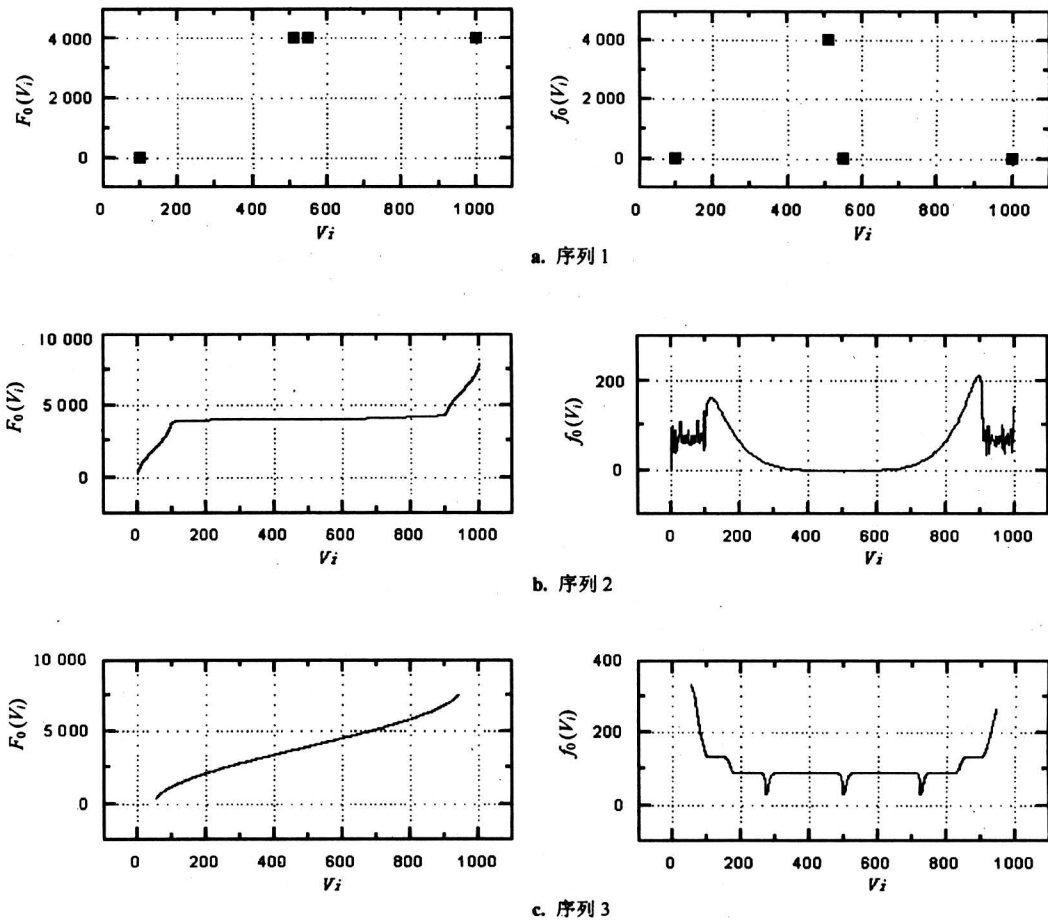


图 5 模拟序列的 $F_0(V_i)$ 和 $f_0(V_i)$ 曲线

Fig.5 $F_0(V_i)$ & $f_0(V_i)$ curves of simulated sequences

对照表 2 和图 5, 可以看出:

- 1) 序列 1 是没有任何干扰的理想信号, $F_0(V_i)$ 和 $f_0(V_i)$ 只有几个取值, 在 V_i 取 $\frac{1}{2}(V_{m0} + V_{m1})$ 时有跳变。 Q 计算值对应的 BER 几乎为零;
- 2) 序列 2 是序列 1 的理想信号分别叠加不同

幅值的干扰。随着干扰幅值的增大, 信号质量下降, V_i 取值点增多。可以看出, 干扰大到一定程度影响了 V_{m0} 和 V_{m1} , 且 V_i 在 $[V_{m0}, V_{m0}]$ 区域外, $f_0(V_i)$ 曲线与理论趋势有较大偏差;

- 3) 序列 3 取传号、空号的均值分别为 725 和

表 2 模拟序列计算结果

Table 2 Description of simulated sequences and calculation results

序列	序列说明	均值	质量说明	Q 计算值	对应误码率
1	高、低电平每 3 b 交替变化的方波	$V_{m0} = 100, V_{m1} = 1\ 000$	标准脉冲, 无误码	8.317 073	4.508×10^{-17}
2	序列 1 叠加周期为 360 b, 峰—峰值为 50 的正弦干扰	$V_{m0} = 100, V_{m1} = 1\ 000$	有干扰, 其峰—峰值为 50 (相当于 244 mV)	3.411 947	3.225×10^{-4}
3	周期为 360 b 的正弦波, 最大值 950, 最小值 50	$V_{m0} = 275, V_{m1} = 725$	随机信号, 误码率很高	1.461 893	7.19×10^{-2}

275, 可看作干扰与信号幅值几乎相等的随机码, 有很高的误码率, 对 V_{m0} 和 V_{m1} 的影响也较大。 $F_0(V_i)$ 连续递增而没有平坦过程, $f_0(V_i)$ 虽与理论趋势基本相符, 但振荡范围很大, 计算表明该序列 BER 达 7%。

比较 3 个序列, Q 计算值的趋势正确, 与实际 BER 的变化相符, 且干扰越小 $F_0(V_i)$ 和 $f_0(V_i)$ 与理论吻合得越好。用此方法对 OTN 系统 OSC 通道进行 Q 值在线监测是准确可行的。

4 结论

为保证 OTN 系统 OAM 信息的可靠性, 必须首先监测 OSC 信号的传输质量。所提出的带有 OSC 子系统的 OTN 分层新型结构可方便地实现 OSC 信号的在线监测。基于 DSP 技术和高速 A/D 芯片方案实现 OSC 通道 Q 值在线监测, 为网络管理系统直接提供了 OSC 通道的信号质量监视信息。实验结果表明此方案具有较高的准确度, 在不增加 OSC 额外开销的情况下监测了 OSC 信号的传输质量。

参考文献

- [1] ITU-T. Architecture of optical transport networks [S]. ITU-T Recommendation G. 872, Feb 1999
- [2] ITU-T. Network node interface for the optical transport network [S]. ITU-T Recommendation G. 709 (Draft Issue 0.8.3), Oct 2000
- [3] ITU-T. Management aspects of the optical transport network element [S]. ITU-T Recommendation G. 874 (Draft 1.4), Apr 2000
- [4] ITU-T. Generic functional architecture of transport networks [S]. ITU-T Recommendation G. 805, Nov 1995
- [5] Lowery A, Lenzmann O, Koltchanov I, et al. Multiple signal representation simulation of photonic devices, systems, and networks [J]. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 2000, 6(2): 282~296
- [6] Giehmann L, Gladisch A, Rudolph J. Field trial of OAM-signal transport capabilities with a 10 Mchip/s LED-direct sequence spread spectrum system suited for OAM-signal-transport in transparent optical WDM-networks [A]. OFC /IOOC'99 Technical Digest [C], Jan 1999. 252~254
- [7] Tektronix Inc. Physical layer testing of data communications signals [M]. Tektronix Inc Application Note, 2000
- [8] Ohteru S, Takachio N. Optical signal quality monitor using direct Q-factor measurement [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 1999, 11(10): 1307~1309
- [9] ITU-T. Synchronous frame structures used at 1544, 6312, 2048, 8488 and 44 736 kb/s hierarchical levels [S]. ITU-T Recommendation G. 704, Jul 1995
- [10] Bucci G, Landi C. A multi-DSP based instrument on a VXI C-size module for real-time measurements [J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2000, 49(4): 884~889
- [11] Bertocco M, Flammini A, Marioli D, et al. Robust and accurate real-time estimation of sensors signal parameters by a DSP approach [J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2000, 49(3): 685~689
- [12] Texas Instruments Inc. TMS320C6201 fixed digital signal processor data manual [M]. Texas Instruments Inc, 2000

(cont. on p. 79)

Construction of Long Distance Oil and Gas Transmitting Pipeline ——Setting of Welding Procedure and Making a Choice of Welding Equipment

Guo Haiyun¹, Li Huan², Li Guohua², Hu Lianhai²

(1. *Chinese-German Vocational Technology Institute of Tianjin, Tianjin 300191, China,*

2. *Institute of Materials Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China*)

[**Abstract**] The famous project, gas transmitting from west to east, will set off. Its main characters are great investment, long distance, large pipe diameter, short time limit, excellent quality, various geological conditions and many construction enterprises participated. Setting of welding procedure and making choice of welding equipment involve a lot of techniques. They will have important influence on the economic benefit of construction enterprise, construction period and construction quality. Much attention should be paid to them.

[**Key words**] construction of oil and gas pipeline; welding procedure; welding equipment; choice

(cont. from p. 75)

On-Line Supervisory Technology for Q-Factor in the Optical Supervisory Channel of Optical Transport Network

Tang Yong, Sun Xiaohan, Zhang Mingde, Ding Dong

(*Department E. E., Southeast University, Nanjing 210096, China*)

[**Abstract**] In this paper, a hierarchical model of the optical transport network (OTN) with an optical supervisory channel (OSC) subsystem is discussed, and that the reliability of operation, administration and management (OAM) signals is rested with the quality of signals transported in OSC is indicated by analyzing the characteristics of signals in OSC. Basing on the one-to-one correspondence of Q-factor with bit-error-ratio (BER) in data communication systems, an on-line supervisory scheme for Q-factor of signals in OSC is presented, and the supervisory module by a digital signal processor (DSP) approach is designed to implement on-line supervision for Q-factor.

[**Key words**] optical transport network (OTN); optical supervisory channel (OSC); OAM; Q-factor supervision