

文章编号: 1002-2082(2008)05-0799-05

视频数字化信号光纤传输系统的光线路编码研究

王恒运

(西安应用光学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 介绍了一个利用2种不同编码方法实现数字化视频传输的光纤系统。简述了光纤传输中线路编码、数据串行化的方法和构成,通过选择一种大位宽的串行器/解串行器电路,实现并行数据的复用(串行化)/解复用以及不同的编码功能。论述了这2种数据编码方法的优点和不足,给出了这2种编码方法相对于传统编码的优势以及不同编码方法对系统接收性能的影响,提供了每种编码方法信号连接的示意图及特殊数据的编码表,同时给出了用多层线路板所构成系统的性能以及应用场合。

关键词: 光线路编码; 传输带宽; 信号复用

中图分类号: TN818

文献标志码: A

Optic-circuit encoding of video digitized signal in fiber-optic transmission system

WANG Heng-yun

(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: A fiber system for realizing digitized video transmission by two encoding methods is introduced in this paper. The circuit encoding, data serialized methods and construction in the fiber transmission system are briefly described. The multiplex/demultiplex of parallel data and their different encoding function were realized by choosing a serializer/deserializer circuit with parallel input. The advantages and defects of these data encodings are described. The superiority of the two encoding methods compared to the traditional encoding methods, and the effect of the different encoding methods on the receiving characteristics of the system are given. A schematic diagram of the signal connection and the encoding table for each encoding method are presented. The function and the applied fields of the system with four-layer PCB are provided.

Key words: optical-circuit encoding; bandwidth of transmission; signal multiplex

引言

随着数字集成技术的飞速发展,各种大规模、超大规模集成电路器件的制造技术逐步成熟,集成电路的体积也变得越来越小,加上数字压缩技术的不断完善,电路芯片的功能变得越来越强大,因而应用于数字通信的光纤系统的体积也在不断变小。

与传统的模拟系统相比,尽管数字系统存在占用的频带较宽,需要严格的同步信息等缺点,但数字系统所具有的抗干扰、抗噪声性能好、差错可控、容易实现加密和解密、易于与现代数字处理技术相结合等优点,使得它在现代信息社会中得到更为广泛的应用。尤其在光纤通信系统中,其功能发挥得更为

收稿日期:2007-08-06; 修回日期:2007-09-21

作者简介:王恒运(1963—),男,陕西西安人,高级工程师,主要从事光纤通信技术研究。E-mail: why_8503@163.com

充分。在光纤传输系统中,数据采用复用、编码的形式进行数据的串行化处理,数据和编码的方法直接影响着系统的传输性能和系统的传输带宽。

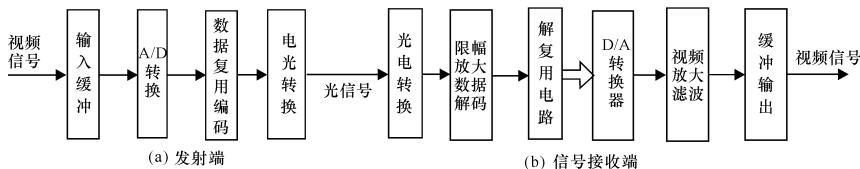


图1 传输系统构成框图

Fig. 1 Block diagram of transmission system configuration

在图1的框图中,(a)是发射端的构成框图,主要实现对一路视频信号的复用、编码以及电/光转换,将电信号最终以光信号的形式输出。包括以下几个部分:输入视频信号通过输入缓冲电路完成输入视频信号的输入缓冲及阻抗匹配,送到视频信号的A/D转换器电路,在外接时钟的触发下,实行对视频信号的模/数转换,并行输出数据,该并行数据在数据复用电路芯片中实现数据的复用、编码,复用电路输出的高速差分数据再被送到电/光转换电路实现电/光转换,即完成对激光器的调制,把光信号送入到通道光纤中。(b)是信号接收端的构成框图,完成对发射端光信号的光/电转换、电信号进行数据的限幅放大、解码、解复用,解出输入端视频信号。它由以下几部分组成:光/电转换电路完成对经光纤传输后光信号的光/电转换,把转换后的微弱电信号经限幅放大器进行适量放大,通过数据恢复电路解出差分串行数据,在外部时钟的触发下,经过解复用电路提取出差分数据流中的并行数据信号和嵌入数据流中时钟信号,由解出时钟进行同步实现对并行数据的D/A转换,由运算放大器电路实现对D/A转换后电流信号的电流/电压转换,输出的信号通过低通滤波器取出基带视频信号,再经信号输出电路实现对视频信号的幅度调整和低阻输出。

在光纤视频数据传输系统中,并行数据的串行化处理和编码是光发射端机必有的处理环节,而数据的解串行化和解码是光接收端机应有的信号处理步骤。

2 编码的处理方法

光纤中传输的信号叫光线路码。光线路码就是

1 系统的构成及工作原理

本文所描述的系统是一种应用于视频数字化的光纤传输系统,系统的构成如图1所示。

要解决普通二进制不适宜在光纤线路中传输的问题,线路码型传输性能的好坏,直接影响光传输系统接收端对数据同步时钟的提取。在信号传输中,由于相邻码元发生极性转换的概率为 $1/2$,所以在 N 个(N 足够大)码元期间中,零交点的平均数为 $N/2$,这样在输入为随机比特流的情况下,这种码就会有足够多的位同步信息。所以要在数据的复用中尽可能使被复用数据包含有“0”和“1”信息,而且“1”和“0”的相连接长度要尽可能小。

光纤传输电路中的编码电路就是要在串行化的数据流中加入足够多的位同步信息,实现主要功能:1) 提供足够的定时信息。就是要求在输入的线路编码中有足够的定时信息,即就是包含丰富的“0”和“1”信息;2) 减少功率谱密度中的低频分量。线路码功率谱密度中的低频分量是由码流中的“1”和“0”分布状态来决定的,低频分量小,说明“1”和“0”分布比较均匀,直流电平比较恒定,也就是信号基线浮动小。经过编码的串行数据有利于接收端电路对数据的解码和解复用。

在光纤数据信号的传输系统中,传统的编码处理方法有2种:1) 利用常规和现成的电路芯片实现对传输数据的编码,如3B4B,5B6B,8B10B等编码;2) 利用扰码的处理方法,将一些数据的编码和扰码一起使用,可以有效地改善串行比特数据流的独立性,防止接收端码型反变换时的虚假同步,如m1B1P, mB1C, mB1H等码型常与扰码一起使用。

图1中,系统传输带宽以及数据传输速率的主要限制因素取决于发射端D/A转换器的分辨率、数据复用电路的位宽、编码方式和接收端光/电转换模块的带宽、解码芯片的量化灵敏度等;同时,

A/D 转换器的分辨率决定着视频信号的量化信噪比,视频信号处理时,一般选择具有 10 位分辨率的芯片,当设定视频信号输入的峰-峰值幅度为 1 V 时,它输出的并行数据信号的量化精度可以达到 1 mV 以下,完全可以满足常规传输系统对视频信号的传输需要。当 A/D 的分辨率为 10 位时,要求复用、编码线路的位宽至少应为 10 位,然而在目前现有的复用、编码电路中很难找到一种电路芯片可以直接实现 10 位并行数据的复用和编码。前述 2 种传统编码方法的资源花费较多,所需的电路规模很大,因此在本系统中应用不是很经济。

从实际出发,选择一种位宽为 18 位的并行数据串行电路芯片,可以通过对 18 位并行输入的数据(按从最高位到最低位的顺序)进行串行化来实现对数据的复用。复用输出的串行数据位宽为 20 位,添加的 2 位帧同步信息用于发送和接收数据之间帧的辨识和同步。图 2 所示为连续 2 帧 18 位数据的复用示意图。



图 2 18 位数据复用时序图

Fig. 2 Time-sequence diagram of 18-bit data multiplex

在被复用的 18 位数据中,从 D_{IN0} 开始到 D_{IN17} 都可以用作对并行数据的复用,这种数据复用芯片只能实现对并行数据的串行化,不能完成对并行数据的编码,因此不能直接用于光纤信号的传输。经过对图 1 所示的视频传输系统进行多次实验和传输性能测试,摸索出 2 种新的编码方法。利用上述数据复用电路,对并行数据进行复用时,通过人为加入编码信息的方法,既能实现对数据的串行化,又能同时完成对数据的编码功能,比传统方法更为简便和实用。

第一种信号编码的处理方法:采用原信号和非信号(原信号的反向信号)相邻连接的信号处理方法,就是将每位并行数据的原信号和它的非信号依次连接到复用器件相邻的 2 个信号输入端,保证在信号复用串行化以后,每位数据所对应的相邻 2 位互为反信号,即“1”对应“0”,“0”对应“1”,如图 3(a)信号连接示意图所示。图 3(a)中,由于受到复用电路位宽的限制,A/D 转换后的 10 位数据,高 8

位用原信号和非信号的方式进行连接,考虑到并行数据的第 9 位和第 10 位是最低的 2 位信号,数据的变化速率很快,因此第 9 位(DO1 位)和第 10 位(DO0 位)直接连接到复用电路输入端,不用做反向处理。表 1 中的数据对应于图 3(a),是比较特殊的几组数据的编码表。从表 1 中可以看到,编码输入信号中“0”和“1”的分布比较均匀,除最低位会出现 3 个长连“0”外,其余编码中相同数据的最长连数为 2,这有助于接收端对数据的良好接收和处理。

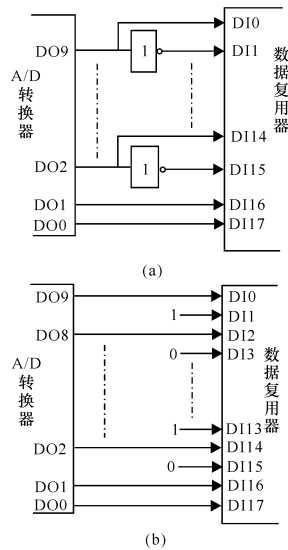


图 3 信号复用连接图

Fig. 3 Diagram of signal multiplexing connection

表 1 信号复用编码表(1)

Table 1 Encoding table (1) of signal multiplex

序号	原始信号(A/D 输出)					编码输入信号							
	DO9	DO8	DO7	DO6	DO5	DI0	DI1	DI2	DI3	DI4	DI5	DI6	
	DO4	DO3	DO2	DO1	DO0	DI7	DI8	DI9	DI10	DI11	DI12		
						DI13	DI14	DI15	DI16	DI17			
1					000000000	01	01	01	01	01	01	01	00
2					111111111	10	10	10	10	10	10	10	11
3					010101010	01	10	01	10	01	10	01	10
4					1010101010	10	01	10	01	10	01	10	01
5					1011001001	10	01	10	10	01	01	10	01
6					1111100000	10	10	10	10	01	01	01	00
7					0011001100	01	01	10	10	01	01	10	00

第二种信号编码的处理方法:考虑到第一种编码连接方式里许多信号都要进行求反处理,当传输数据速率很高时,受到反相器延时的影响,复用电

路输入端并行信号的同步会受到影响,因而提出了这一种编码方法,就是把复用电路的固定位连接到固定的直流电平上,如图3(b)所示。从DI1位开始,每隔1位确定1个固定电平值,而且这个固定电平值在“1”和“0”之间变化,即就是将复用电路的DI1, DI5, DI9, DI13接“1”(或“0”), DI3, DI7, DI11, DI12接“0”(或“1”),其余的输入端连接到A/D转换电路的对应管脚上。

选择和第一种编码方法输入同样的数据信号,数据流的分布如表2所示。从表2中看到,数据流中连续“1”和“0”的个数除最低位会出现4个连“0”外,其余最多长连“0”和“1”的个数为3个,同时“1”和“0”的分布比较均匀,虽然不像第一种那样相同数据的长连个数只为2个,但从实用情况得到,这种编码方法可以完全满足系统传输以及解码的要求。

表2 信号复用编码表(2)

Table 2 Encoding table (II) of signal multiplex

序号	原始信号(A/D输出)					编码输入信号																		
	DO9	DO8	DO7	DO6	DO5	DI0	DI1	DI2	DI3	DI4	DI5	DI6	DI7	DI8	DI9	DI10	DI11	DI12	DI13	DI14	DI15	DI16	DI17	
1	0000000000					01	00	01	00	01	00	01	00	00										
2	1111111111					11	10	11	10	11	10	11	10	11										
3	0101010100					01	10	01	10	01	10	01	10	00										
4	1010101011					11	00	11	00	11	00	11	00	11										
5	1011001001					11	00	11	10	01	00	11	00	01										
6	1111100000					11	10	11	10	11	00	11	00	00										
7	0011001100					01	00	11	10	01	00	11	10	00										

3 结果分析

参看表1所示,当连续的数据传输时,优点表现为数据中连续“1”和“0”的个数最多为3,普遍为2,数据分布很均匀。缺点表现为:当表1中的第一行数据与第二行数据相连接时,即第一帧数据为10101010101010101010,第二帧数据为010101010101010101,在连续2帧数据中,每位数据所对应的值都发生了变化,尽管信号本身的波特率没有发生变化,直流电平也没有出现移动,但信号的抖动最为强烈。在信号接收端,解码电路对信号的提取会出现一定的困难,如表2所示。当连续的数据进行传输时,优点是能够保证在所传输的数据中,相邻2位中至少有1位不发生变化,即数据相对稳定,信号的变化速率比较平稳,数据中长连“1”或“0”的个数最多等于4,普遍为3,其余的为1和2,数据分布

比较均匀。缺点是原来比较均匀分布的数据,经过编码电路后,出现“1”和“0”的分布不是很均匀的情况。对于以上2种数据编码方法,第一种的数据分布比第二种更为均匀,但第二种数据的稳定性比第一种更好,在数据的传输质量上要更好一些。

在系统传输的接收端,对信号编码最为敏感的部分主要是接收模块的带宽和解码电路的耦合电容的选择。由于本系统的数据传输速率为320 Mbps,该值与目前的电信标准的数据传输速率不合拍,为非标准系统速率(155 Mbps ~ 622 Mbps),接收模块只能选择以接近本系统的信号传输速率。实际中选择一种光接收模块,数据信号的最高传输速率为280 Mbps,带宽不足,会影响系统的接收灵敏度;光接收模块接收光信号并转换成电信号,电信号经限幅放大后,通过耦合电容把信号交流耦合到解码电路中。耦合电容的选择与输入信号码流的“0”和“1”分布密切相关, $C = 12nT/R$,其中 T 是码流的比特周期, n 是连续相同数字的个数, R 是信号通道的等效电阻,一般取100 Ω 。当信号的位比特时钟为16 MHz时,第一种编码中最多的数据相连长度为2。计算耦合电容时,若 n 值取2,通过计算得到第一种编码的 C 的近似值为15 nF,同样对于第二种编码 n 取3, C 的近似值为60 nF。在实际系统中,由于受到线路板分布参数等性能的影响,耦合电容的取值会发生变化,实际中应用2种编码方法时,电容分别取为22 nF和68 nF。从实际信号的解码情况看,这种选取是可行的。

在计算解码芯片的耦合电容时,只能选择数据分布中 n 值出现最多的值来计算。当码流中出现不同长度的“1”和“0”时,会造成解码芯片输入端电压的波动,这种数字信号偏离正常平均值的抖动,会引起时钟恢复采样信号的动态相位误差。这种相位误差小于 $0.01T$ (T 是位周期)时,不会出现信号的误判断,但是当相位误差过大时,会造成解码电路内部锁相环的失锁,输出数据就会出现误码,影响解复用电路对系统时钟的提取。

信号经过解码后,数据被送入到数据的解复用电路解出并行数据和输入端的信号时钟,选择和信号输入端相对应的信号输出端,连接到D/A转换电路上,其余在输入端人工加入的编码数据不作处理,作为无效数据舍弃掉。在解出时钟信号的触发下,由数模转换器输出模拟视频信号,经视频放大、低通滤波等信号处理后进行模拟视频信号的输出。

以上介绍的2种信号的编码方法在多数数据位、不同速率的信号传输系统中各有利弊,实际中选用哪种取决于系统本身的情况而定。在某些情况下,特别是在信噪比较高的情况下,人们主要关心的不是信号的接收灵敏度,而是频带的利用率,即希望在给定频带内提高比特传输速率。

4 结论

在光纤信号的传输系统中,对特定的接收机系统,系统的接收灵敏度与系统传输信号的带宽(比特速率)成反比,系统传输信号的速率越高,接收机的灵敏度越低。对前述所介绍的传输系统,采用四层线路板制作了2套实验装置并进行了性能测试。在图1所示的信号输入端加一路标准模拟彩色视频信号,采用10位分辨率的模数转换器,分别利用文中所述的编码方法,数据信号的复用/编码时钟为16 MHz,数据信号的串行化速率为320 Mbps,驱动激光器发光,利用光衰减器来模拟光信号传输通道的衰减情况。采用一款数据接收带宽为280 Mbps光信号接收模块,利用视频监视器观察接收端信号的质量,在传输数据误码率小于 10^{-9} 的情况下,测得采用第一种编码系统的光接收灵敏度可达到-32 dBm;第二种编码传输系统的光接收灵敏度可达到-34 dBm。由于受到光接收模块带宽的限制(带宽小于系统的信号传输速率320 Mbps),系统的信号接收灵敏度与光接收模块的最低接收灵敏度有一些差距,这与分析的结果是

一致的。

通过对系统的分析及性能测试,认为这2种编码的信号传输系统能够实现对数字化视频的信号传输,而且信号的传输质量很高。因此,该系统能够应用到许多对视频信号传输有需求的场合。另外,该系统还可与其他单路数据信号进行复合,实现数据与视频信号的复用传输。

参考文献:

- [1] 赵梓森. 光纤通信工程[M]. 北京:人民邮电出版社, 1995.
ZHAO Zi-sen. Optical fiber communication engineering [M]. Beijing: People Posts & Telecommunications Press, 1995. (in Chinese)
- [2] 郭梯云, 刘增基, 王新梅, 等. 数据传输[M]. 北京:人民邮电出版社, 1993.
GUO Ti-yun, LIU Zeng-ji, WANG Xin-mei, et al. Data transmission [M]. Beijing: People Posts & Telecommunications Press, 1993. (in Chinese)
- [3] 王兴亮, 达新宇, 林家薇, 等. 数字通信原理与技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2000.
WANG Xing-liang, DA Xin-yu, LIN Jia-wei, et al. Theory and technique of digital communication[M]. Xi'an: Xidian University Press, 2000. (in Chinese)
- [4] 霍华德·约翰逊, 马丁·格雷哈姆. 高速数字设计[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.
JOHNSON H, GRAHAM M. High-speed digital design [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005. (in Chinese)