

# 基于现场总线网络图像传输的实现

杨攀, 胥军, 方彦军

(武汉大学自动化系, 武汉 430072)

**摘要:**采用基于小波变换的 ADV611 视频压缩芯片进行图像压缩, 解决了视频数据过大的问题。设计了 PROFIBUS-DP 与 Ethernet 的网关模块来进行图像数据的传输, 充分利用了现场总线传输快、带宽高的特点, 并给出了传输系统的硬件组成。实验证明这种方法不仅能够保证图像数据完整性和图像质量的同时, 极大地延长了传输距离, 提高了传输速度, 减少了传输误差, 还可以节约成本, 避免重复投资。  
**关键词:** PROFIBUS; 小波变换; ADV611

## Implementation of Image Transmission Based on Fieldbus

YANG Pan, XU Jun, FANG Yanjun

(Department of Automation, Wuhan University, Wuhan 430072)

**【Abstract】** This paper implements the video compression of image based on the wavelet transform chip ADV611 to solve the data flow problem, and designs Ethernet-PROFIBUS gateway to complete the transportation of data, taking advantage of high speed and high bandwidth of field bus. According to the result of experiment, the given method not only can expand the transmission distance, accelerate the transmission speed, reduce the transmission errors, but also save cost, avoid repeating investment on the premise of guaranteeing the integrity of image data and the high quality of the image.

**【Key words】** PROFIBUS; Wavelet transform; ADV611

目前国内还较多地使用本地模拟图像监控系统, 这种方法在许多方面都存在着明显的局限: 传输距离小, 只能实现本地监控, 而且图像质量随传输距离的增加而明显下降<sup>[1]</sup>; 当图像数据量超过一定值时, 网络拥塞情况将会比较严重, 很难在保证正常的网络通信的基础上获得更清晰的图像质量; 无法利用现有的网络, 必须重新铺设专用线路, 存在重复投资等问题<sup>[2]</sup>。

为了解决监控系统中图像传输的问题, 结合工业现场的特点, 利用工业现场广泛采用的 PROFIBUS 现场总线<sup>[3]</sup>来进行图像数据的传输。这不仅能保证图像数据完整性和图像质量, 而且极大地延长传输距离, 提高传输速度, 减少传输误差。同时利用现有的现场总线网络还可以节约成本, 避免重复投资<sup>[4]</sup>。采用小波变换法来压缩图像数据<sup>[5]</sup>, 使得压缩比例较大, 且失真度较小, 非常适合于现场总线网络传输环境。

### 1 PROFIBUS 现场总线传输特性

PROFIBUS 是一种用于工厂自动化车间级监控和现场设备层数据通信与控制的现场总线技术, 可实现现场设备层到车间级监控的分散式数字控制和现场通信网络, 从而实现工厂综合自动化和现场设备智能化<sup>[6]</sup>。它是一种无知识产权保护的标准, 任何用户都可以利用这个标准设计各自的软、硬件解决方案。PROFIBUS 提供了 4 种数据传输类型, 包括用于 DP 和 FMS 的 RS485 传输、用于 PA 的 IEC1158-2 传输、光纤及红外通信。RS-485 传输是 PROFIBUS 最常用的一种传输技术。传输速率最大可达到 12Mbps, 传输最大距离是 1200m。当数据传输采用 IEC1158-2 传输技术时, 传输速率为 31.25Kbps, 传输距离可达到是 1900m。其传输介质既可以是双绞线, 也可以是光缆, 最多可挂载 127 个站点。PROFIBUS 现场总线有着无可比拟的优点, 如开放性、实时

性好, 系统简单、成本低、可靠性高等, 掌握了这种总线的通信原理, 对于更好地利用这种总线技术有着重要的意义。PROFIBUS 现场总线技术作为目前世界上的主流技术, 其在工业控制、石油化工等领域日益得到广泛应用。早在 2003 年, 工厂自动化和流程自动化应用系统中 PROFIBUS 节点设备已经历史性突破了 1000 万, 其应用范围之广远远超出其他总线解决方案。

### 2 图像采集的硬件实现

接口单元的主要功能是利用协议芯片 SPC3 作为从站的图像采集压缩单元与 PROFIBUS 现场总线连接, 从而使图像信号能传到作为主站的图像处理中心。接口单元用 89C51 作为处理器单元管理通信事务, 协议芯片 SPC3 完成关键的时间帧部分。共享双口 RAM 芯片 IDT7130 完成图像压缩数据的存储, 它通过 I/O 接口可以很方便地实现和 ARM7 的通信, 读取图像数据。

89C51 完成对协议芯片的初始化、图像数据的发送和控制信号的接收, 89C51 与 SPC3 通过双口 RAM 交换数据, SPC3 的双口 RAM 应在 80C196 地址空间中统一分配地址。80C196 将双口 RAM 作为自己的外部 RAM, 89C51 通过 P0 和 P1 口扩展外部存储器, P0 口作为数据线和低 8 位地址线, P1 作为高 8 位地址线。ARM7 对双口 RAM 的访问操作, 简单高效, 这为 ARM7 芯片中的其他图像实时控制算法程序节省了宝贵的指令周期资源。SPC3 是西门子的 ASIC 系列芯片, 它的主要性能是: 在 PROFIBUS 上自动检测波特率, 自 9.6K~12M 波特率 RS485 传输, 完整的 PROFIBUS-DP 协议

**作者简介:** 杨攀 (1980 - ), 男, 硕士生, 主研方向: PROFIBUS-DP, 嵌入式系统开发; 胥军, 博士生; 方彦军, 博导  
**收稿日期:** 2006-04-25 **E-mail:** miniknife@gmail.com

集成于芯片中,集成的监视定时器,用于48MHz石英振荡器的外部石英振荡器端口。方式寄存器( Mode Register )在 SPC3 启动后,加载过程指定参数(例如从站地址,缓冲器地址,控制位信息等)。过程指定参数和数据缓冲器都存放在 RAM 中,RAM 和 RAM 控制器组成双口 RAM ( Dual Port RAM )。状态寄存器 ( Status Register ) 存放从站的状态信息,以便在任何时间能扫描总线的介质访问子层 ( MAC )。串行通信接口 ( UART ) 把并行数据流转换为串行数据流输出到 RS485 总线上,并自动识别波特率。系统结构如图 1 所示。

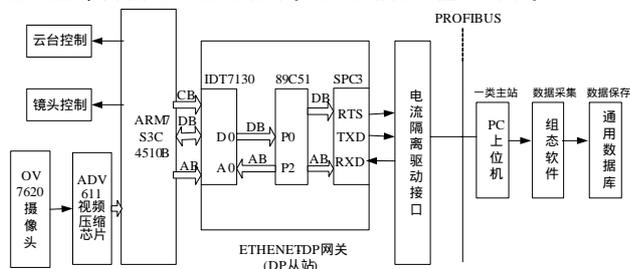


图 1 模块硬件结构

为了保证图像的实时性,要求图像通信的现场总线接口能以 12M 波特率进行图像传输,SPC3 可以工作于 12M 波特率下,串行总线接口需要用 12M 波特率的驱动器芯片,本图像监控系统中的总线接口部分的驱动器采用 SN75ALS176。另外,总线接口采用 12M 波特率的光耦 HCPL0721 消除来自零线的干扰,电源采用变压器隔离。当信号在总线上传输时,如发生阻抗不连续,将形成信号的反射,导致图像传输信号畸变,因此在传输线的末端,需要加电阻来消除这种阻抗不连续,所加的电阻值需尽量接近传输线的特性阻抗。

### 3 软件算法实现

#### 3.1 小波变换算法

作为多媒体计算机技术的关键环节,图像压缩一直是信息处理技术研究中最活跃的领域。通常,图像压缩由编码器和解码器组成压缩算法是其核心。在此采用小波变换算法,小波变换是一种窗口大小固定不变但其形状可改变的时频局部化分析方法。小波变换在信号的高频部分,可以取得较好的时间分辨率;在信号的低频部分,可取得较好的频率分辨率;从而能有效地从信号中提取信息。其中,在整个图像压缩过程中,对小波系数进行量化编码工作十分重要,因为它将直接影响图像的压缩效果。一般说来,量化编码方法主要包括标量量化和矢量量化两大类。可见,在整个图像压缩过程中,对小波系数进行矢量量化编码满足容许性条件,即

$$C\Psi = \int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi(\omega)|^2 |\omega|^{-1} d\omega$$

的函数  $\Psi(t)$  为原形小波或母小波函数,其中

$$\Psi(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Psi(t) e^{-i\omega t} dt$$

称为  $\Psi(t)$  的傅立叶变换。母小波函数  $\Psi(t)$  通过平移和伸缩,可以生成函数族  $\{ a, b(t) \}$

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

$a, b \in R$  ( $R$  为实数集) 且  $a \neq 0$ 。

式中,  $\Psi_{a,b}(t)$  称为依赖于参数集  $a, b$  的小波函数,简称为连续小波或小波,小波离散后可以构成  $L_2(R)$  空间的规范正交基,并用之表示或逼近信号,而且用较少的小波系数就可得到许多不同图像的精确逼近。S.Mallat 于 1988 年提出了小波多分辨分析算法,十分适合于分析图像。

#### 3.2 基于小波变换的实时视频压缩芯片

目前能够实现小波压缩编码的芯片种类不是很多,从应用的效果来看,AD 公司生产的基于小波变换的实时视频压缩芯片 ADV611 的表现十分优秀,它支持常用的 CCIR-601 数字视频格式的压缩解压,还可以实现精确的压缩码率控制。

ADV611 的基本工作原理为:在编码模式时,从数字视频接口接受未压缩的数字视频信号,经小波变换和帧抽取后送自适应量化器进行量化,然后送至编码器进行编码输出,即得到压缩数据。解码路径的数据传输过程则相反。编码和解码的过程如图 2 所示。



图 2 图像编码和解码的过程

ADV611 小波变换滤波器采用双正交(7,9)小波基,采用该小波基处理数字图像,效果十分理想。经小波分解后,图像并没有得到压缩,而需要经过系数量化。量化是指试图确定什么信息可以安全的消去,而没有明显的视觉保真度损失的一个过程。ADV611/ADV612 利用人眼视觉系统的反应特点来量化滤波过的图像。通常人眼对于图像中高频部分的敏感度不如低频部分,经过滤波后的图像包含的信息通过智能“量化器”,ADV611 完成了没有损失视觉效果的压缩。该过程可以用来确定压缩比,对于图像传输具有很重要的作用。Internet 是一个不确定的系统,数字图像在 Internet 上传输时,其带宽应该根据网络的实时情况动态地改变。当网络拥塞情况比较严重时,应该增大量化器数值,减小数据流量;当网络通信正常时,可适当降低量化器数值,加大数据流量,以获得更清晰的图像质量。量化器的自适应变换可以由主处理器根据网络的拥塞情况和当前场图像的统计数据实时调整。

ADV611 的编码方式采用的是行程编码和哈夫曼编码相结合的熵编码。二者都属于无损编码,压缩比不会太大,但是当图像数据经小波分解,再经过自适应量化器量化后,经常会出现连续多个“0”,这时编码器对数据流进行行程编码和哈夫曼编码就会产生极大的压缩比。ADV611/ADV612 的最大压缩比可达 7500:1,此时量化器的数值会设置得比较大,相应的图像质量也会差一些。

ADV611 还具有独特的码率调节功能,非常适用于网络图像传输,实现网络图像监控。由于 Internet 的不确定性,数字图像在 Internet 传输时,其带宽应该根据网络的实时情况动态地改变。当网络比较拥挤时,应相应增加量化器系数 BW 以提高图像压缩比,减小数据流量;网络通信正常时,应减小量化器数值以减小图像压缩比,增加数据流量,提高图像质量。ADV611 的码率自调节功能完全符合网络数据传输的特点,无须人工干预就可以实现量化器系数的调节,使用非常方便。

### 4 实验结果

摄像头 OV7620 采集的视频信号为 PAL 制式, YUV(4:2:2) 8 位 CCIR-656 格式编码,当模拟信号以 720\*288@50 场/s 输入时,视频数据将达到 20Mbps,则每秒要传输数据量有 20MB,这对于传输速率最大为 12Mbps 的 PROFIBUS 总线来说是不可能实现的。当采用 50:1 的小波压缩比后,每秒需要传输的数据量下降到 410KB,也就是 3.2Mb,采用

(下转第 249 页)