

The Application of Telemedical Image Enhancement Technology on DM6437*

WANG Xiaogang, ZHANG Xun*, ZUO Jianzheng

(School of Electronics Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In telemedical system, there exist image problems caused by images themselves or during transmission, such as blurring, contrast reduction, big dynamic range. In order to solve these problems, a method for telemedical image enhancement is proposed in this paper. It's based on DM6437 and improved Retinex algorithm. This paper employs adaptive linear stretching method on the basis of the Global Retinex algorithm to enhance the contrast of the image. The algorithm is optimized later and then transplanted to DM6437 platform to realize the embedded platform application. It shows that the system can enhance low contrast, compress dynamic range and significantly increase the dark zone's information for telemedical images. It overcomes deficiencies in conventional image enhancement algorithms and meets the requirements of telemedicine.

Key words: DM6437; telemedical; Retinex; image-enhance; optimize

EEACC: 7520; 6140C

远程医疗图像增强技术在 DM6437 上的应用*

王小刚, 张 珣*, 左建政

(杭州电子科技大学电子信息学院, 杭州 310018)

摘 要: 为了解决远程医疗系统中图片本身以及传输产生的图像模糊化、对比度降低、动态范围大等问题。提出了一种基于 DM6437 和改进型的 Retinex 算法的远程医学图片增强方法, 本文在全局 Retinex 算法的基础上利用自适应的线性拉伸方法增强图像, 并将算法优化后移植到 DM6437 平台, 实现了在嵌入式平台的应用。结果表明: 本系统既可实现低对比的远程医学图像增强, 又能实现图像的动态范围压缩, 可显著提高暗区图像的信息, 克服了常规图像增强算法的不足, 可以满足远程医疗的要求。

关键词: DM6437; 远程医疗; Retinex; 图片增强; 优化

中图分类号: TN911.72; R446 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9490(2010)01-0109-04

随着计算机技术和网络技术的发展。远程医疗已经成为了现代医疗体系系统的一个重要的组成部分。远程医疗是指利用网络传输视频以及医学图片实现病人与医生的交流。开展远程医疗可以增加每个社会成员获得医疗服务和医学教育的机会, 减少地区差异、贫富差异造成的医疗水平不等的状况, 使患者接受高水平的医疗服务。我国的远程医疗技术起步较晚, 但是发展迅速。现在我国已经拥有三个主要的远程医疗网络: 金卫网(GHN), 中国医学基金会互联网(IMNC), 以及全军远程医学信息网^[1-2]。在医学图片的处理中, 对于图像的亮度不够、对比度差、动态范围大的图片需要进行增强处理, 以满足临床诊断的需要。本文提出了基于嵌入

式系统的远程医疗图片增强的方法, 利用自适应的 Retinex 算法^[3-7]对图片进行处理, 然后将其移植到高速的 DSP 处理器中, 实现了在嵌入式设备中的应用, 并证实其在远程医疗中应用的可行性。

1 系统硬件设计

本系统采用 TI 公司推出的专门为高性能、低成本视频应用开发的、主频 600 MHz 的、32 位定点 DSP 处理器 TMS320DM6437。它采用 2 级 Cache 存储器体系结构, 有 32 kbyte 字节 RAM/Cache 可配置的 1 级程序存储器 L1P, 48 kbyte 字节 RAM + 32 kbyte 字节 RAM/Cache 可配置的 1 级数据存储器 L1D, 和 128 kbyte 字节 RAM/Cache 可配置的 2 级程序/数据存储

器 I2。片上具有 64 通道增强型 DMA 控制器 ED-MA3,同时具有丰富的外部存储器接口和片上外设,还有一个专用的10/100 M以太网 MAC,方便实现嵌入式视频网络化要求。本系统的硬件设计如图 1。

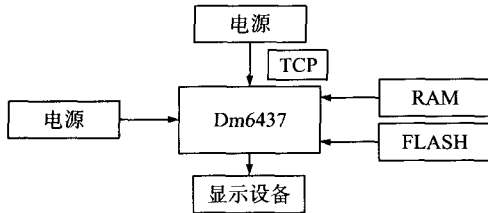


图1 系统硬件框图

1.1 网络接口模块

TMS320DM642 支持 10 M/100 M 自适应模式,EMACM/DxO 控制寄存器直接映射到 DSP 存储区,支持 EMAC/MDIO 复位和优先级。EMAC 能工作在半双工或全双工模式下,具有硬件流控制及服务质量保证支持。本系统用 KS8721BL 物理芯片扩展了

一个 10/100 Mbit 的以太网接口,连接器为 RJ-45 标准的以太网连接器。在 RJ-45 连接器上有两个指示灯,绿灯闪烁表示网络正常连接,黄灯表示全双工模式。

1.2 外部存储器模块

TMS320DM6437 有一个专用的 32 bit、200 MHz、256 Mbyte 字节寻址空间的 DDR2 存储器接口用于接口高速、大容量的 DDR2 存储器,以存储代码和数据;一个 8 bit、64 Mbyte 字节寻址空间的异步存储器接口用于接口 8 bit Nor Flash 或 Nand Flash,以存储固化代码。

1.3 电源模块

TMS320DM6437 通常用于嵌入式系统中,因而,电源电路设计不仅要考虑电压的精度、稳定性和外围电路的复杂度等问题,还要考虑低功耗问题,本系统的电源设芯片采用 IP5430DDA,电路的设计如图 2。

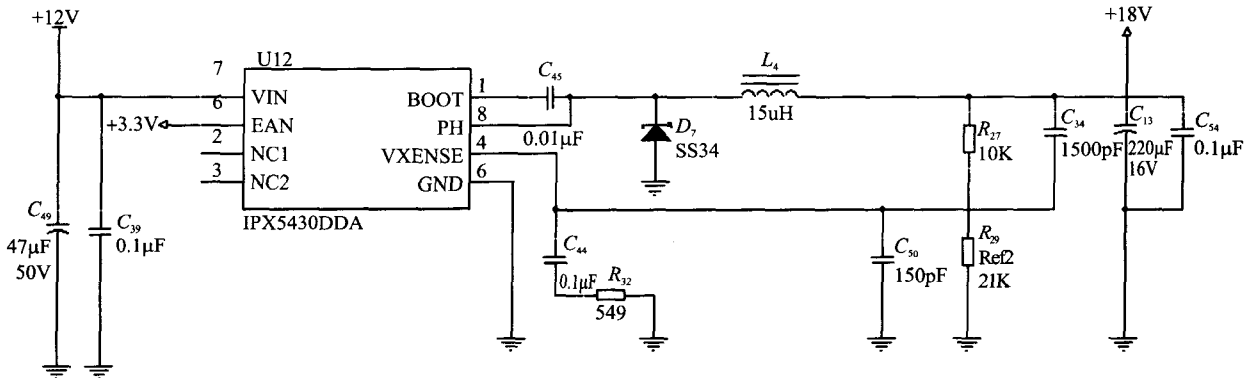


图2 电源模块电路

2 软件设计

2.1 Retinex 算法

1977 年 Land 首先提出了 Retinex 作为人眼感知亮度和色度的视觉模型,根据 Retinex 理论,物体的颜色是由物体对光线的反射能力决定的,而物体对光线的反射能力是物体本身固有的属性,与光源强度的绝对值没有依赖关系。因此通过计算各个像素间的相对明暗关系,可以对图像中的每个像素点的灰度值进行校正。据此,本文引入了一种基于全局特征的 Retinex 图像增强算法,图 3 是全局特征的 Retinex 图像增强算法的算法流程图。

经全局 Retinex 算法增强后的图像对比度不高,因此需要对结果图像的直方图进行校正。本文采用自适应的线性拉伸方法提高图象的对比度。该方法利用“3σ 规则”将与图像均值的距离超过 3σ 的像素点的影响都忽略不计,取下饱和点 $low = u - 3\sigma$,上

饱和点 $high = u + 3\sigma$ 然后根据公式^[3]

$$L[i][j] = \begin{cases} 0 & d[i][j] \leq d_{low} \\ \frac{(r[i][j] - \min)}{(\max - \min)} * 255 & d_{low} \leq d[i][j] \leq d_{high} \\ 255 & d[i][j] \geq d_{high} \end{cases}$$

对原有图像的直方图进行线性拉伸,该方法具有自适应的特点。

2.2 代码的移植

在 pc 端编写 Retinex 算法,在验证算法的功能后将其移植到 DSP 平台。移植工作主要包含以下几个方面:

(1) 修改程序使其符合标准的 C

由于 TI 所提供的 CCS 编译器与一般 C 编译器的差异,需要遵守相应的编程规则。尽量使用标准 C 的编程规范。

(2) CMD 文件的编写

CMD 文件是用来为整个程序分配存储空间。

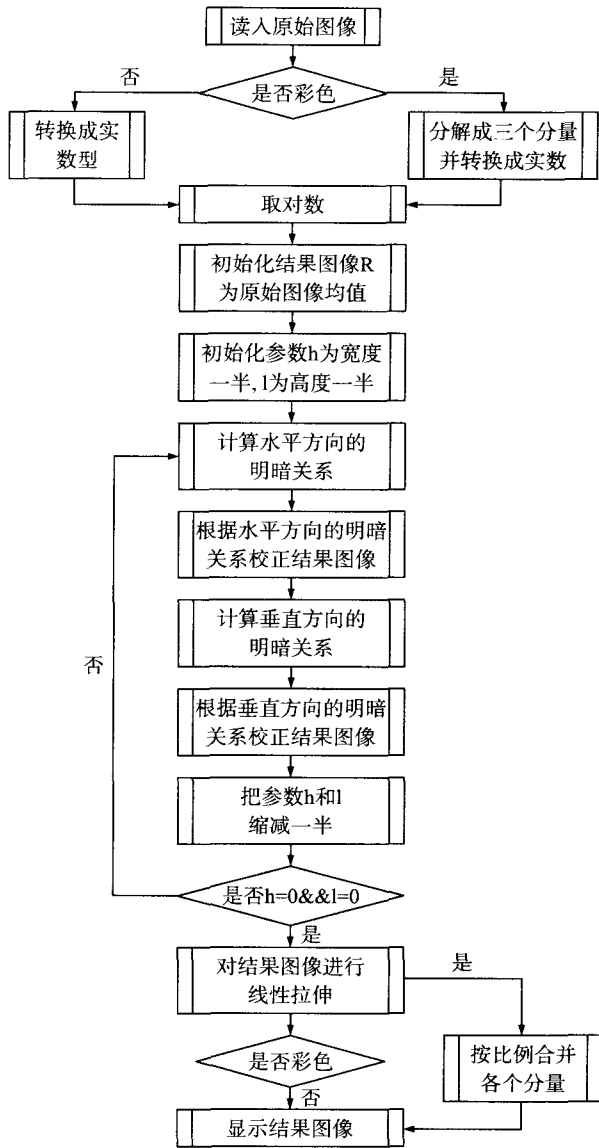


图 3 Retinex 算法流程图

它的生成有两种方式:一种是通过配置 DSP/BIOS 来生成。另一种是自己手工配置。本文采用以上两种方式生成 CMD 文件,这样可以方便用户根据自己的需要来更加合理的分配存储空间。

(3) 删除不需要的代码

在 PC 端为了更加直观地看到程序的运行情况添加了很多 fprintf 函数,由于 fprintf 函数耗时大,会影响程序的执行时间,所以在 DSP 端应当删除。由于本文采用网络传输数据,所以还要删除一些图片数据的读取函数。

2.3 代码的优化

移植完以后需要对原程序进行优化,优化的方法有以下几种:

(1) 使用 volatile、restrict 等关键字。

使用 volatile 来定义的变量表示该变量保存在

寄存器中的值将会因为某些原因而发生变化。这就告诉编译器,不要试图从寄存器中取该变量的值,而是应该每次重新读取它的值,从而保证计算结果的正确性。用 restrict 定义的指针,其所指向的存储空间不会发生混叠,从而能够很好的起到优化作用。例如求期望和方差函数可以优化为:

```
CalcAllElem (Dbl2Array * restrict pArray, double * restrict pDblExpect, double * restrict pDblDis)。
```

(2) 用位移来代替除法运算。

因为定点的 DSP 只有硬件乘法器没有硬件除法器,这样在做除法的时候要经过很多的步骤,降低程序执行的速度。

(3) 用 EDMA 提高图像数据的传输速度。

EDMA 传输数据是在后台运行,不占用 CPU 的计算周期,能提高数据传输的传输速度。本文直接使用由片上支持库(CSL)提供的 DAT 模块进行有关 EDMA 的操作。使用 DAT_copy 函数将 r 通道的数据从 SDRAM 搬移到内部存储器中,这样可以大大提高系统的性能。

2.4 网络传输

远程医疗系统需要通过网络来传输病人的病理图片。当前的 Internet 网络是建立在 TCP/IP 的网络。在 TCP/IP 协议组件中,有两个协议:TCP 和 UDP, TCP 通过面向连接的协议,UDP 则是一种无须建立连接的协议。

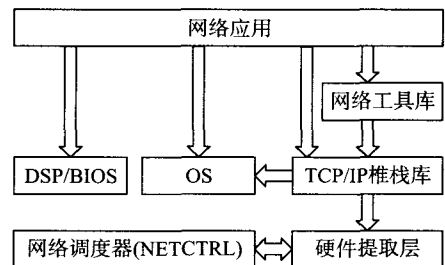


图 4 NDK 中 TCP/IP 协议栈的结构

为了加速 DSP 网络化的进程, TI 公司推出了 NDK 网络开发套件。NDK 采用紧凑的设计方法,实现了用较少的资源耗费来支持 TCP/IP。从实用效果看, NDK 仅用 200 ~ 250 kbit 程序空间和 95 kbit 数据空间即可支持常规的 TCP/IP 服务,包括应用层的 telnet、DHCP、HTTP 等。NDK 网络开发套件主要包含的库有:TCP/IP 网络工具的库;支 TCP/IP 协议栈与 DSP/BIOS 平台的库;网络控制以及线程调度的库。下图是 NDK 中 TCP/IP 协议栈的结构^[8]。

基于数据可靠性的考虑,采用 tcp 协议实现 pc 和 DM6437 之间的通信。图片数据是由 pc 到 dsp 单向传输的,经测算本文 tcp 传输速率达到 20 Mb/s。

3 结果

本文的自适应的 Retinex 适用于不同亮度,不同大小的医学图片。由于医学图片都以 rgb 格式存储于 pc 上,所以首先在 VC++6.0 平台上调用 opencv 库函数读出图片的 rgb 各个分量的数据,然后利用 tcp 协议实现 pc 和 dsp 的图片数据传输,最后进行数据的处理。本文采用图片的大小 $352 * 288$,不考虑传输消耗的时间,dsp 处理单通道的时间为 450 ms,处理整幅图像用时 1.4 s。应用本文的算法得到的增强的胸透图片如图 5 所示。

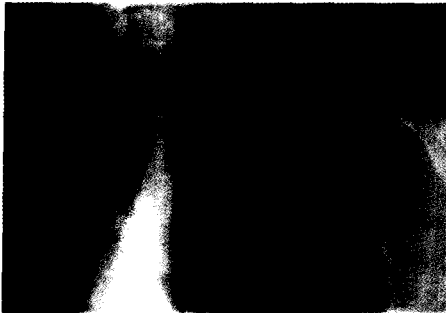


图 5 原始图片



图 6 处理以后的图片

从处理后的图片可以看出,经本文的算法处理以后原来图像中的暗区,模糊不清的部分变得清晰,对比度有了很大的改善,而且具有一定的锐化效果。

4 结论

Retinex 算法是一种有效的、基于人眼视觉原理的图像增强算法,它既能实现医学图像对比度的增强,同时又能有效地压缩图像的动态范围,具有广泛的应用领域。实验结果也表明本文的算法能有效地提高医学图像中暗区内细节的可视度,压缩图像的动态范围,能提高医生的临床诊断准确性。并且将该算法应用于嵌入式平台,具有医学应用价值。

参考文献:

- [1] 李军怀,周明全,等. 远程医疗的国内外现状及展望. 国外医学生物医学工程分册,2002,25(5):193-196.
- [2] 裘英,王库. 基于 RTP 协议的网络视频监控系统的实现,2006.7,27(4):26-27.
- [3] 李学明. 基于 Retinex 理论的图像增强算法[J]. 计算机应用研究,2004,2(9):235-237.
- [4] 江兴方,陶纯堪. Retinex 彩色图像增强理论及其研究进展,2005,31(9):258-263.
- [5] 乔小燕,姬光荣,陈雾. 一种改进的全局 Retinex 图像增强算法,2009,21(4):1195-1197.
- [6] Edwin H Land. The Retinex Theory of Color Vision[J]. Scientific American, 1977, 32(5): 108-129.
- [7] 芮义斌,李鹏,孙紧涛. 一种图像去薄雾方法[J]. 计算机应用,2006,26(1):30-32.
- [8] 李松,吴建华. TIC6000DSP 上 TCP/IP 协议栈的实现,2007,3:688-689.



王小刚(1984-),男,浙江淳安人,在读研究生,电子信息系统集成,wxg1984206@163.com;



张 珣(1970-),男,上海人,副教授,电子信息系统集成,计算机应用。