

基于无线传输的视网膜图像采集系统^①

王业顺, 姚凤莹, 沈建新

(南京航空航天大学 机电学院, 南京 210016)

通讯作者: 沈建新, E-mail: cadatc@nuaa.edu.cn

摘要: 针对传统有线眼底照相机移动性差、设备复杂而且图像传输受布线、成像物体位姿的局限等缺陷, 设计和实现了一种基于 WiFi 局域网的无线视网膜成像系统. 该系统主要由成像系统、PC 端软件操作系统和图像传输系统 3 部分组成. 手持式眼底照相机实现图像实时采集, 通过无线传输的方式将图像信息显示在 PC 端, 实现眼底图像的实时观察和保存并作为医生眼科疾病诊断、治疗的客观依据. 最终将获得的检查结果保存在数据库中, 利用关系型数据库 SQL Server 2008 建立电子病历, 实现检查结果的存档、查阅、共享等功能, 为视网膜疾病诊断在远程医疗和大数据挖掘方面的应用提供了一种新思路.

关键词: 无线传输; 视网膜图像采集; 数据库

引用格式: 王业顺, 姚凤莹, 沈建新. 基于无线传输的视网膜图像采集系统. 计算机系统应用, 2018, 27(4): 104-108. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6297.html>

Retina Image Acquisition System of Wireless Transmission

WANG Ye-Shun, YAO Feng-Ying, SHEN Jian-Xin

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: In view of the limitations of the traditional fundus camera with poor mobility, complicated equipment and image transmission limited by wiring and object pose, a wireless retinal imaging system based on WiFi wireless local area network is designed. The system mainly consists of three components, including the imaging system, PC software operating system, and image transmission system. A hand-held fundus camera realizes real time images acquisition, and displays the image information on the PC side through wireless transmission mode, to achieve real-time observation and preservation of the fundus image and as an objective basis for the diagnosis and treatment of ophthalmic diseases. Finally, the examination results will be stored in the database to establish electronic medical records with relational database SQL Server 2008, so that the results can achieve the functions like archiving, accessing, and sharing for the diagnosis of retinal disease in remote medical and large data mining applications.

Key words: wireless transmission; retina image acquisition; database

视网膜又称之为眼底, 其发生的病变, 例如, 早产儿视网膜病变 (ROP)、糖尿病性视网膜病变 (DR) 等, 能准确地反映高血压、糖尿病等. 这些疾病发生早期一般反映在视网膜周边地区, 能够在早期的筛查中发现这些病发现象对眼科疾病的诊断和治疗具有重大的

意义. 传统的眼底图像采集方式主要有直接检眼镜、双目间接检眼镜和眼底照相机等. 检眼镜操作复杂、成像视场小而且缺乏对眼底图像的客观记录, 不便于后期的检查、判断和复诊, 容易造成误诊和漏诊^[1]. 传统眼底相机由于体积庞大、可移动性差、受到有线传

^① 基金项目: 南京航空航天大学研究生创新基地开放基金项目 (kfj20170524); 江苏省产学研前瞻性联合研究项目 (BY2015003-03)

收稿时间: 2017-07-18; 修改时间: 2017-08-04; 采用时间: 2017-08-14; csa 在线出版时间: 2018-03-31

输的限制而且价格高昂因此很难普及. 所以研发一款国内自主知识产权的无线眼底相机对眼科疾病诊断具有重大意义.

无线视网膜成像的特点在于采用 WiFi 传输技术, 相比于其他无线传输方式它的优点在于传输速度快, 可以达到 11 Mbps, 而且其有效距离远保真度高等^[2]. 基于 C#语言在带有无线网卡的 PC 机上编写图像接收、处理、存储以及共享的应用程序. 本文采用的是关系型数据库 SQL Server2008 来实现信息的存储和管理. SQL Server 安全可靠、高效智能的优点使其被广泛应用在各行各业^[3]. 在关系数据库中可以单独存储被检查人员的各种信息, 并通过数据库主键的唯一性特点将每一个人的所有相关信息联系起来, 实现查询、修改的统一性. 既方便了上位机代码的编写同时提高了应用程序的执行效率.

无线眼底相机的一大优点还在于其不受布线的约束, 摆脱了传统有线眼底相机的笨重、检查条件苛刻的缺点, 使其能在一些特殊的场合中使用. 同时便携式的眼底相机为眼科检查在偏远地区推广提供了基础.

1 技术基础

1.1 开发环境

Visual C#集成开发环境 (IDE) 一般包括代码编辑器、编译器、调试器和图形用户界面工具. 集成了代码编写功能、分析功能、编译功能、调试功能等一体化的开发软件服务套. 本系统采用 Visual Studio 2015 搭建的 .NET Framework 4.5 为开发环境, 并安装眼底相机开发包提供的相机操作的相关 API 函数. 通过 ADO.NET 提供的 Connection 对象链接 SQL Server 2008 数据库. 本系统采用的是大恒 Matan G-507 系列的相机, 内置 Sony IMX264 2/3" CMOS 传感器.

1.2 系统组成

无线图像采集系统采用下位机 (眼底相机) 和上位机 (PC 控制端), 通过 WiFi 技术进行信息交换的工作模式. 下位机部分由视网膜成像系统和 WiFi 无线传输模块组成. 下位机可单独进行眼底照明、聚焦等操作. 上位机同时拥有聚焦、成像、拍摄等功能. 眼底相机不具备眼底影像显示功能, 它通过内置 WiFi 无线连接模块连接具有无限网卡的 PC 端, 并通过上位机应用程序将眼底相机传感器所接收的影像信息实时显示在电脑屏幕上. 同时上位机可以通过界面操作向 WiFi 模块

发送指令进行相关拍摄参数的设定.

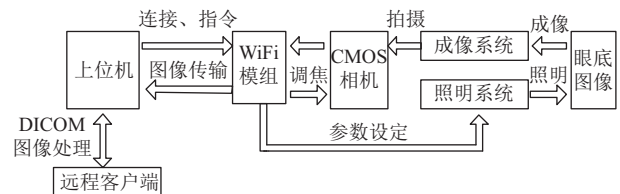


图1 无线视网膜成像系统

2 软件系统

2.1 功能与流程

软件主要实现视网膜成像系统与 PC 终端的连接、拍照、参数设定以及图像存储、传输等功能. 医生将通过软件系统实时观察视网膜图像, 并进行拍照保存. 该系统调焦、拍照、录像相关功能在手持式成像系统和上位机应用程序中都可以单独进行, 操作简单、方便. 而像机相关参数设置、图片选取和后续的信息共享功能则需要在上位机上单独完成^[4,5].

每个下位机都有单独的 IP 地址, 在网络设置中通过 WAP2 的加密模式连接相机热点, 并打开上位机程序进行相机设备搜索^[6]. 搜索成功后将显示连接设备的相关信息, 确认连接后将会在视频显示控件上实时显示 CMOS 相机当前所接收到影像信息.

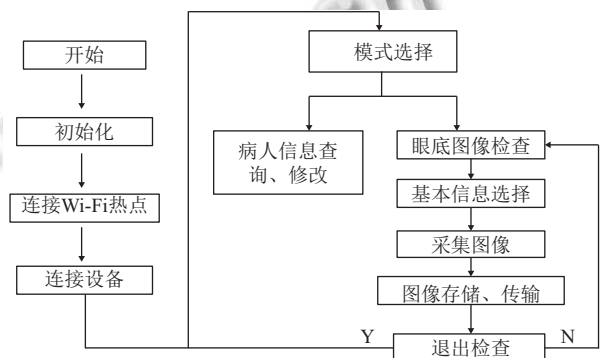


图2 软件操作流程图

2.2 数据交互/通信

基于网络的嵌入式成像系统因其灵活性、扩展性等诸多方面的优势, 正越来越多地被运用于航空航天、军事、医疗等领域. 同时, 由于图像质量和分辨率的不断升高, 对成像系统数据传输速度的要求也不断提高, 而现有的这类系统中多是采用 TCP(UDP)/IP 协议栈来实现控制命令和图像数据的网络传输^[7]. 无线图

像传输系统软件结构图如图 3, PC 机实现上位机应用层, TCP/IP 协议; 网络接口层由无线网卡和 WiFi 无线模块共同实现. WiFi 镜头模块采用 LWIP (Light Weight IP) 协议, LWIP 既可以实现 TCP 协议也可以在无操作系统的情况下使用, 而且该协议占用 RAM 和 ROM 较少, 适合在低端嵌入式系统中使用. 本文在无操作系统的情况下使用 LWIP 协议, 即用 RAW API 函数来完成 LWIP 的功能. 将 LWIP 和 WiFi 库文件放置到工程文件中, 进行相应配置.

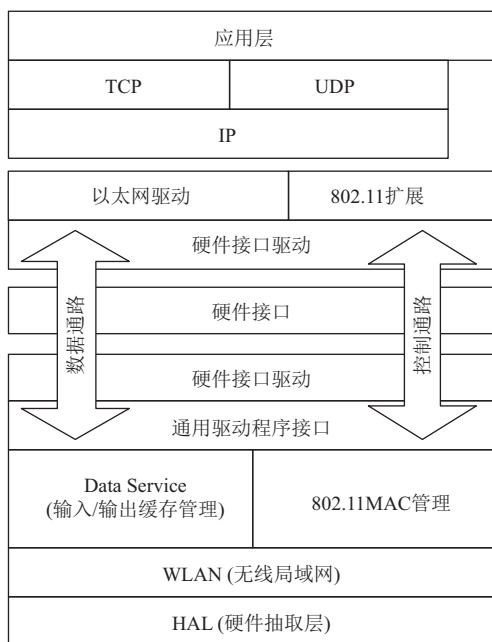


图 3 无线图像传输系统软件结构图

2.3 信息存储

眼底视网膜图像采集信息量庞大, 而且信息保存周期较长, 信息安全要求较高. 而 SQL Server 数据库是当前较常用的大型数据库管理系统之一, 具有速度快、功能强、易使用等特点. 本文采用基于 ADO.NET 技术的关系型数据库 SQL Server 2008 建立病人管理系统, 实现被检查者基本信息和检查结果的存储、查看等功能. ADO.NET 是 .NET Framework 提供给开发人员的一组类, 并且是以 XML 文件为基础访问数据库的方式^[8]. .NET Framework 提供的数据库操作类包括 Connection 对象、Command 对象、DataReader 对象和 DataAdapter 对象. 其中, DataAdapter 对象是 DataSet 和数据源之间的桥梁, 它可以隐藏与 Connection 对象、Command 对象沟通的细节, 完成

DataSet 和数据源之间的数据交换. DataSet 包含了 Tables(表) 集合和 Relations(关系) 集合. 由于 DataSet 的结构和关系型数据库类似, 因此可以像访问关系型数据库那样访问 DataSet, 在其中执行添加、删除、修改数据等操作.

电子病历主要包括图像信息和非图像信息. 其中非图像信息包括患者基本信息表、患者诊断结果表、医师基本信息表等. 各表之间以病例号作为主键进行信息关联. 在软件层对医生和患者提供不同的访问权限进行信息的有效管理. 在关系型数据库中, 通过检索表能快速准确的查询到每条记录, 而且能将多个信息表的内容进行关联, 减少重复信息的存储, 大大提高了数据库的使用效率. 鉴于该系统在实际应用中对图片的存储量较大、像素要求较高, 本文采用存储视频、图像路径的方式进行存储. 而真正采集到的图像信息被存放在指定的硬盘当中.

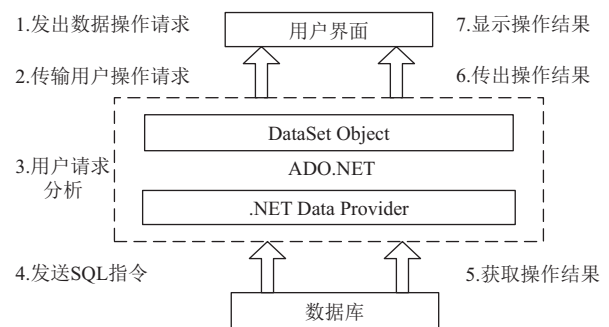


图 4 数据库访问

2.4 功能实现及软件界面

基于无线传输的视网膜图像采集软件系统主要包括无线连接模块、视网膜图像采集模块、信息查询模块. 通过软件控制相机的连接、打开或关闭, 同时对相机采集的信息进行显示、筛选、存储等操作. 无线连接模块通过对网卡及摄像头模块进行初始化, 建立 TCP 服务器, 完成下位机图像采集的准备工作后进行上下位机的通讯从而完成实时传输显示和图像采集的工作.

软件界面采用 C# 语言进行开发, 包括登陆界面、检查界面、结果查询界面、用户管理界面. 登录密码采用 MD5 加密算法, MD5 加密算法以 512 位分组来处理输入的信息, 且每一分组又被划分为 16 个 32 位子分组, 经过了一系列的处理后, 算法的输出由四个

32 位分组组成, 将这四个 32 位分组级联后将生成一个 128 位散列值^[9]. MD5 算法具有很高的安全性, 是当前比较流行的一种加密算法. 检查界面是该系统最关键的界面, 该界面实现与眼底相机的连接、图像实时显示和图像采集功能. 结果查询界面可以查看病人基本信息和眼底检查结论, 浏览采集到的眼底图像, 并支持对结果进行修改. 用户管理界面则可以进行新用户的注册、密码修改和用户权限分配等相关配置.



图5 系统测试图像采集界面

3 硬件系统

WiFi 无线采集装置下位机包括照明光路、成像光路、影像感应装置和 WiFi 传输模块^[10]. 本系统是应用于婴幼儿广域视网膜采集, 成像系统是基于 130°Volke 超广角镜头实现视网膜周边区域的成像, 而照明系统则采用环形 LED 光纤进行照明^[11], 为减少眼角膜前表面的反射光影响采用临界照明方式形成均匀、大面积的有效环形光斑^[12]. 影像感应器则选用 OV2640 摄像头模块, 这是一种 CMOS 图像传感器, 将 UXGA 相机和 DSP 封装集成在一块板子上. 通过 SCCB 总线控制, 支持 Raw RGB、RGB、YUY(4:2:2) 输出格式 (8 位).

WiFi 模块是实现无线视网膜实时成像的关键所在, CMOS 相机将采集的图像数字信息通过串口传送给无线 WiFi 模块, 当上位机连接上下位机 WiFi 热点后就能在应用程序中打开设备, 实现眼底视网膜的实时显示和相关操作.

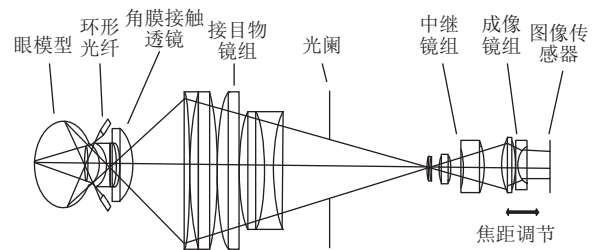


图6 眼底相机原理图

4 系统测试

在实验室进行系统搭建, 模拟人眼视网膜检查过程. 建立局域网、连接眼底相机设备和上位机并进行图像采集处理. 在上位机图像采集操作界面点击搜寻相机, 在成功匹配到采集模块后即可打开相机并在窗口上显示当前采集到的眼底图像, 移动相机进行位姿调整以实现清晰, 大范围的视网膜成像. 在病历号下拉列表框中选择或输入病人病历号后会自动匹配电子病历库中的病人相关信息并将当前图像采集对象设置为该对象. 在后续的结果查询界面能医生可以方便的通过病人病历号查询被检查对象信息和采集的图像, 方便诊断和治疗. 通过对人工模拟眼的测试获得如图所示的广域视网膜图像. 实验所获取的眼底图像相对较清晰, 视场角也比较理想.

5 结束语

无线视网膜图像采集系统突破了传统相机体积大, 操作复杂的缺点, 为眼科疾病诊断提供了方便. 通过对人眼结构、眼底相机工作原理、视场成像、广域照明等进行研究, 利用 Volke 镜头成像清晰, 像差小以及成像视场大的特性, 设计了一套完整的成像系统. 基于 C# 语言设计的上位机界面稳定、安全、简洁. 基于 SQL Server 数据库建立电子病历的方式管理数据, 不仅方便查询病人相关信息, 而且为眼科疾病大数据挖掘和实现远程医疗提供了基础. 为视网膜疾病的确诊提供了新的思路, 为眼底相机大视场化和眼科医疗设备的小型化、微型化的发展做了铺垫.

参考文献

- 1 DeHoog E, Schwiererling J. Fundus camera systems: A comparative analysis. *Applied Optics*, 2009, 48(2): 221–228. [doi: 10.1364/AO.48.000221]
- 2 王植, 沈建新. 无线视网膜成像系统. *计算机系统应用*,

- 2017, 26(1): 81–85. [doi: [10.15888/j.cnki.csa.005529](https://doi.org/10.15888/j.cnki.csa.005529)]
- 3 王万良, 张小玮, 姚信威, 等. 无线网络中基于流媒体传输的自适应 TFRC 机制. 计算机系统应用, 2013, 22(7): 161–167.
 - 4 Cui WC, Yu TS, Ren LJ, *et al.* Ribs segmentation based on image fusion and wavelet de-noising. 2012 5th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI). Chongqing, China. 2012. 362–366.
 - 5 Ding M, Antani S, Jaeger S, *et al.* Local-global classifier fusion for screening chest radiographs. Proceedings of Medical Imaging 2017: Imaging Informatics for Healthcare, Research, and Applications. Orlando, FL, USA. 2017. 101380A.
 - 6 王晓楠. 数字化医疗设备软件开发平台的设计和实现. 计算机系统应用, 2004, 13(11): 52–53, 57. [doi: [10.3969/j.issn.1003-3254.2004.11.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-3254.2004.11.015)]
 - 7 Binding C, Tudhope D. Improving interoperability using vocabulary linked data. International Journal on Digital Libraries, 2016, 17(1): 5–21. [doi: [10.1007/s00799-015-0166-y](https://doi.org/10.1007/s00799-015-0166-y)]
 - 8 江凌, 杨平利, 杨梅, 等. 基于 ADO.NET 技术访问 SQL Server 数据库的编程实现. 现代电子技术, 2014, 37(8): 95–98.
 - 9 刘羿勋. WiFi 无线网络技术分析及其安全性研究. 通信世界, 2017, (3): 81–82.
 - 10 刘小军. 基于 WiFi 无线视频传输技术的研究. 电子技术, 2012, (10): 82–85. [doi: [10.3969/j.issn.1000-0755.2012.10.026](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-0755.2012.10.026)]
 - 11 杨家强, 程德文, 王庆丰, 等. 新型大视场消杂光眼底相机光学系统的设计. 光学学报, 2012, 32(11): 204–210.
 - 12 李淳, 孙强, 刘英, 等. 眼底相机的均匀照明及消杂光干扰设计. 中国光学与应用光学, 2010, 3(4): 363–668.