



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109893241 A

(43)申请公布日 2019.06.18

(21)申请号 201910201747.6

(22)申请日 2019.03.18

(71)申请人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
武汉大学

(72)发明人 郭洋 左齐茹仪 李佳

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 胡琦旖

(51)Int.Cl.

A61B 18/12(2006.01)

A61B 90/00(2016.01)

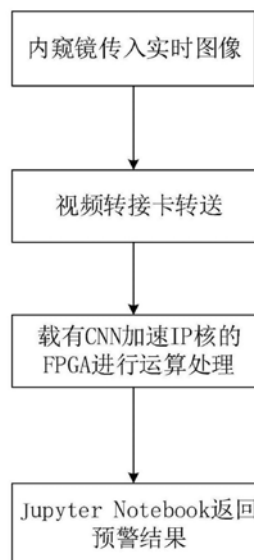
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法

(57)摘要

本发明属于医疗手术智能辅助技术领域,公开了一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,包括以下步骤:以Squeezenet网络为基础,构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块;获取手术实时图像,并将所述手术实时图像传送至FPGA;利用所述前列腺包膜组织检测模块对所述手术实时图像进行前列腺包膜组织进行检测,从而得到预警信息。本发明能够在前列腺增生双极电切手术中辅助医生操作,及时给出预警信息,避免过度切除,降低手术失误率。



1. 一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,包括以下步骤:
以Squeezenet网络为基础,构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块;
获取手术实时图像,并将所述手术实时图像传送至FPGA;
利用所述前列腺包膜组织检测模块对所述手术实时图像进行前列腺包膜组织进行检测,并反馈预警信息。
2. 根据权利要求1所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,所述以Squeezenet网络为基础,构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块包括以下步骤:
采集前列腺增生双极电切手术图像数据,建立数据集;
构建Squeezenet网络;
利用所述数据集对所述squeezenet网络进行迭代训练,得到量化模型及权重参数;
利用Vivado把所述量化模型进行综合进而生成加速IP核;
将所述权重参数和所述加速IP核加载至FPGA。
3. 根据权利要求2所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,所述Squeezenet网络包括Fire模型,所述Fire模型由压缩层和扩张层构成,所述压缩层为 1×1 卷积核的卷积层,所述扩张层为 1×1 和 3×3 卷积核的卷积层。
4. 根据权利要求2所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,所述Squeezenet网络将欠采样操作延后。
5. 根据权利要求1所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,所述获取手术实时图像,并将所述手术实时图像传送至FPGA包括:
将内窥镜读入手术实时图像并传给视频转接卡;
通过所述视频转接卡将接收到的图像数据通过USB接口传给FPGA。
6. 根据权利要求1所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,所述预警信息通过JupyterNotebook进行展示。
7. 根据权利要求1所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,所述FPGA选用PYNQ-Z2开发板。
8. 根据权利要求2所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,采集的所述前列腺增生双极电切手术图像数据包括:前列腺增生双极电切手术中内窥镜所采集的影像图像、临床信息、疾病类型、病灶区域标注信息。
9. 根据权利要求2所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,采集的所述前列腺增生双极电切手术图像数据隐去患者隐私信息和医疗机构信息。
10. 根据权利要求1所述的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,其特征在于,通过将病灶位置用红色框进行标定来显示所述预警信息。

一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗手术智能辅助技术领域,尤其涉及一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法。

背景技术

[0002] 前列腺增生(BPH)是引起中老年男性排尿障碍的最为常见的良性疾病之一,随全球人口老年化发病逐渐增多。针对BPH,目前主要的外科手术方法是经尿道前列腺电切术。其中,经尿道前列腺等离子双极电切术(TUPKP)的使用较为广泛。TUKEP将前列腺于包膜内切除,更加符合前列腺解剖结构。但手术操作过程对医生经验水平要求较高,在内窥镜配合下实施切除有时存在不精准现象,术中过度切除往往会对术后患者生活质量造成不良影响。

[0003] 目前,世界范围内存在着医疗资源供需严重失衡以及地域分配不均等问题,我国,印度等发展中国家尤为严重。手术主刀医师是一个理论性、实践性极高的职业,中国最好的医生70%分布在北上广等一线城市,而二三线城市、基层卫生工作者在实践能力和诊断经验方面相较于前者存在较为明显的差距。经验不足的医生在手术中表现出的生疏性和风险低警惕性,往往增加了手术相应失误率。手术失误往往会引发一系列后遗症,降低患者术后生活质量。

[0004] 近年来,人工智能发展迅速,成为当代医疗变革的技术动力。人工智能在精准医疗、医学影像、药效挖掘、新药研发、健康管理等领域都留下了自己的足迹。其中,深度学习是在该趋势中最流行的技术。基于大量的医疗图像数据训练出的神经网络模型使医疗手术中特定目标检测成为可能,并具有识别速度快,准确率高等优良性能。

发明内容

[0005] 针对前列腺增生双极电切手术操作过程对医生经验水平要求较高,在内窥镜配合下实施切除有时存在不精准的问题,本发明提供一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,旨在术中辅助医生操作,及时给出预警信息,避免过度切除,降低手术失误率。

[0006] 本申请实施例提供一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,包括以下步骤:

[0007] 以Squeezenet网络为基础,构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块;

[0008] 获取手术实时图像,并将所述手术实时图像传送至FPGA;

[0009] 利用所述前列腺包膜组织检测模块对所述手术实时图像进行前列腺包膜组织进行检测,并反馈预警信息。

[0010] 优选的,所述以Squeezenet网络为基础,构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块包括以下步骤:

[0011] 采集前列腺增生双极电切手术图像数据,建立数据集;

[0012] 构建Squeezenet网络;

- [0013] 利用所述数据集对所述squeezenet网络进行迭代训练,得到量化模型及权重参数;
- [0014] 利用Vivado把所述量化模型进行综合进而生成加速IP核;
- [0015] 将所述权重参数和所述加速IP核加载至FPGA。
- [0016] 优选的,所述Squeezenet网络包括Fire模型,所述Fire模型由压缩层和扩张层构成,所述压缩层为 1×1 卷积核的卷积层,所述扩张层为 1×1 和 3×3 卷积核的卷积层。
- [0017] 优选的,所述Squeezenet网络将欠采样操作延后。
- [0018] 优选的,所述获取手术实时图像,并将所述手术实时图像传送至FPGA包括:
- [0019] 将内窥镜读入手术实时图像并传给视频转接卡;
- [0020] 通过所述视频转接卡将接收到的图像数据通过USB接口传给FPGA。
- [0021] 优选的,所述预警信息通过JupyterNotebook进行展示。
- [0022] 优选的,所述FPGA选用PYNQ-Z2开发板。
- [0023] 优选的,采集的所述前列腺增生双极电切手术图像数据包括:前列腺增生双极电切手术中内窥镜所采集的影像图像、临床信息、疾病类型、病灶区域标注信息。
- [0024] 优选的,采集的所述前列腺增生双极电切手术图像数据隐去患者隐私信息和医疗机构信息。
- [0025] 优选的,通过将病灶位置用红色框进行标定来显示所述预警信息。
- [0026] 本申请实施例中提供的一个或多个技术方案,至少具有如下技术效果或优点:
- [0027] 在本申请实施例中,本发明以Squeezenet网络为基础,构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块,利用FPGA实现对其中CNN运算过程的加速。获取医用内窥镜的实时视频,对视频数据进行识别,识别包膜组织并给出预警信息。本发明提出的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警系统,利用深度学习技术建立模型以及FPGA特性,可以高效识别实时内窥镜视频中的包膜组织,及时给出预警信息,减少手术失误率;同时FPGA相对于GPU的低功耗性,在大规模应用中有明显的运行成本优势。

附图说明

- [0028] 为了更清楚地说明本实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一个实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0029] 图1为本发明实施例提供的一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法的流程图;
- [0030] 图2为本发明实施例提供的一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法中构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块的示意图;
- [0031] 图3为本发明实施例提供的一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法的界面效果示意图。

具体实施方式

- [0032] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案进行详细的说明。

[0033] 本实施例提供了一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,主要包括以下步骤:

[0034] 步骤一、以Squeezenet网络为基础,构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块。

[0035] 步骤二、获取手术实时图像,并将所述手术实时图像传送至FPGA。

[0036] 步骤三、利用所述前列腺包膜组织检测模块对所述手术实时图像进行前列腺包膜组织进行检测,并反馈预警信息。

[0037] 其中,步骤一主要包括以下子步骤:

[0038] (1) 采集前列腺增生双极电切手术图像数据,建立数据集;

[0039] (2) 构建Squeezenet网络;

[0040] (3) 利用所述数据集对所述squeezenet网络进行迭代训练,得到量化模型及权重参数;

[0041] (4) 利用Vivado把所述量化模型进行综合进而生成加速IP核;

[0042] (5) 将所述权重参数和所述加速IP核加载至FPGA。

[0043] 即本发明的目的主要通过以下技术方案实现:基于前列腺增生双极电切手术图像制作VOC格式数据集;构建Squeezenet网络;利用VOC数据集对Squeezenet网络进行迭代训练,得到量化模型和权重参数;利用Vivado把量化模型进行综合进而生成加速IP核;将权重参数和加速IP核加载至FPGA,从而实现FPGA对卷积神经网络的加速,完成部署。

[0044] 下面对本发明做进一步的说明。

[0045] 如图1所示,本发明可以看作主要包括以下步骤。

[0046] 第一步:内窥镜读入手术实时图像并传给视频转接卡;

[0047] 第二步:视频转接卡将接收到的图像数据通过USB接口传给PYNQ-Z2开发板;

[0048] 第三步:PYNQ-Z2开发板利用卷积神经网络对输入的实时图像进行前列腺包膜组织检测;

[0049] 第四步:检测结果及预警信息通过JupyterNotebook展示在个人电脑上。

[0050] 如图2所示,本发明可分为四大阶段。

[0051] 第一阶段:

[0052] 1) 训练数据集的收集与制作:多途径采集现有的医学前列腺增生电切术相关的高质量权威标注数据图像集,包括大量相关疾病病灶图样及标注信息。基于这些数据制作VOC格式的数据集,将得到一定数量的带有标注信息的相关图像作为训练数据集,供后续使用。

[0053] 2) 网络的构建:采用squeezenet网络为基础进行设计,集成squeezenet轻量级的特点,网络参数总计18层。其核心在于Fire模型,Fire模型由两层构成,分别是压缩(squeeze)层和扩张(expand)层,压缩层是一个卷积核的卷积层,扩张层是和卷积核的卷积层,扩张层中,把和得到特征图谱(feature map)进行合并,得到了一个在保证准确度不下降太多的情况下只需要更少参数的卷积神经网络。该压缩网络具有参数少、压缩精简的特点,通过解决参数存储问题和前向推理速度问题,一定程度上解决了部署于FPGA上卷积神经网络的效率问题。

[0054] 采用的squeezenet网络通过以下三种策略减少参数需求并压缩网络:

[0055] (1) 使用 1×1 卷积代替 3×3 卷积,参数减少为原来的 $1/9$ 。

[0056] (2) 减少输入通道数量,这一部分使用压缩层来实现。

[0057] (3) 将欠采样操作延后,可以给卷积层提供更大的激活图,更大的激活图保留了更多的信息,可以提供更高的分类准确率。

[0058] 3) 网络的训练学习:将1)中得到的训练数据集导入基于Tensorflow框架中,利用Tensorpack工具进行量化,在NVIDIA GTX 1080TI服务器上迭代训练,设定迭代次数为30000次,训练结束后最终将生成量化模型和相应的权重参数。

[0059] 第二阶段:

[0060] CNN加速IP核的生成:利用Vivado把得到的量化模型进行综合生成相应的加速IP核。首先,通过高层次综合工具Vivado HLS提供的编译指示,例如循环展开,流水线,数组优化等来减少延迟,提高吞吐量性能,并提高设备资源利用率。再利用Vivado HLS和Vivado非工程模式完成工程的构建,生成CNN的加速IP核,实现FPGA硬件加速CNN功能。

[0061] 第三阶段:

[0062] 将CNN的加速IP核和权重参数加载到FPGA上,构建起部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块,确定了信号传递和沟通的整体过程和各IP核之间的连接关系。

[0063] 第四阶段:

[0064] 系统结果返回与显示:PYNQ-Z2开发板利用卷积神经网络对输入的实时图像进行人体前列腺包膜组织目标检测,并将检测结果和预警信息通过Jupyter Notebook展示在个人电脑上,完成手术辅助功能。

[0065] 在本发明的实例试验中,相关医院为我们提供了数据集以及前列腺增生双极电切手术概况。相关医院提供了高质量权威标注数据图像集,其中包括大量人体前列腺包膜组织图样及标注信息。据此制作了VOC格式的数据集,得到了总计1080张带有标注信息的前列腺组织、前列腺包膜组织图像作为训练数据集,以供squeezenet网络后续训练使用。

[0066] 步骤一:在PC端上,分别用ssd,yolo等主流网络建立了前列腺增生双极电切手术预警系统,结果证明,在上述数据集下,在PC端,系统功能可成功实现,验证本方法理论的可行性以及数据集的准确度。

[0067] 步骤二:在Jetson tx2上,运用tiny-yolo-v3网络框架进行效果测试,实际效果符合预期,验证嵌入式识别的可行性。

[0068] 步骤三:使用Vivado HLS与Vivado的非工程模式来构建工程,通过脚本来生成工程,生成CNN的加速IP核。

[0069] 步骤四:搭建PYNQ-Z2前列腺包膜组织检测模块,展示了信号传递和沟通的整体过程,各IP核之间的连接关系。

[0070] 步骤五:导入相关医院提供的前列腺增生双极电切手术视频作为测试视频,系统对测试视频进行处理,并将原始视频和带有预警信息的已处理视频通过Jupyter Notebook同时展示在个人电脑以作对比,如图3所示。图中框标识出包膜组织,并带有warning字样,预警效果实现。

[0071] 步骤六:对本发明提供的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法作性能分析,并将PYNQ-Z2与PC端,Jetson tx2端的性能表现就功耗、识别速度、识别准确度等方面作比较。

[0072] 结果显示,在PYNQ-Z2平台上,卷积神经网络在能保持识别准确率的条件下,识别速度可达到11FPS,功耗为1.945W,满足性能指标中提到的设计要求。

[0073] 此外,PYNQ-Z2与PC端稳定性对比,还可以发现PYNQ-Z2的查询延迟明显要优于PC端的软件实现。

[0074] 综上,本发明提供的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法在功能实现及性能表现上均符合预期指标,部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块特性良好,有较高的临床使用价值和应用前景。

[0075] 本发明基于Squeezenet网络,建立起前列腺包膜组织检测模块,并将该模块部署于FPGA上,利用FPGA实现对其中CNN运算过程的加速。获取医用内窥镜的实时视频,对视频数据进行识别,识别包膜组织并给出预警信息。本发明提出的基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法,利用深度学习技术建立模型以及FPGA特性,可以高效识别实时内窥镜视频中的包膜组织,及时给出预警信息,减少手术失误率;同时FPGA相对于GPU的低功耗性,在大规模应用中有明显的运行成本优势。

[0076] 本发明实施例提供的一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法至少包括如下技术效果:

[0077] (1) 在实际测试环境中,可以准确、高效地识别前列腺包膜组织,在手术过程中,可以为主刀医生及时提供风险预警,能够辅助一个经验有限的医生,完成一台高质量的手术,使得医生的能力得到放大。

[0078] (2) 与现有技术相比,基于FPGA的流水线并行运算能力,指令运行速度加快,实现对卷积神经网络的加速,使实时性手术辅助成为可能。此外,FPGA相对于如今主流的GPU具有明显的低功耗优势,本发明实现前列腺增生双极电切手术预警功能时预估功耗不超过3W,这在大规模运用中意味着更强的成本优势。此外,FPGA相较于GPU硬件配置更加灵活,对深度学习领域经常使用的上层软件兼容性更强,能够在GPU的固定架构之外对模型进行搭建与优化。

[0079] (3) 本发明顺应当代智能医疗发展趋势,对智能系统辅助医疗领域的发展具有积极的推动作用。基于本发明细化应用领域,可以衍生出更多有价值的子产品,有很广阔的发展前景。

[0080] 最后所应说明的是,以上具体实施方式仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照实例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

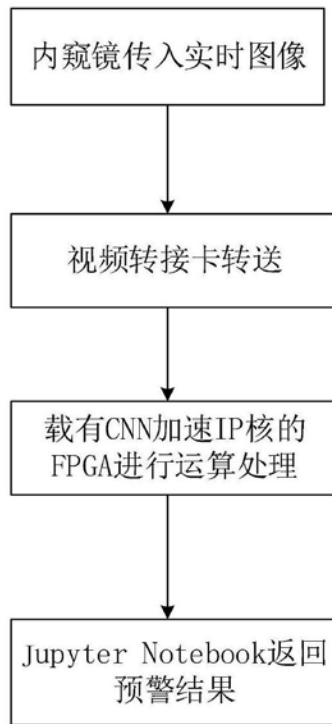


图1

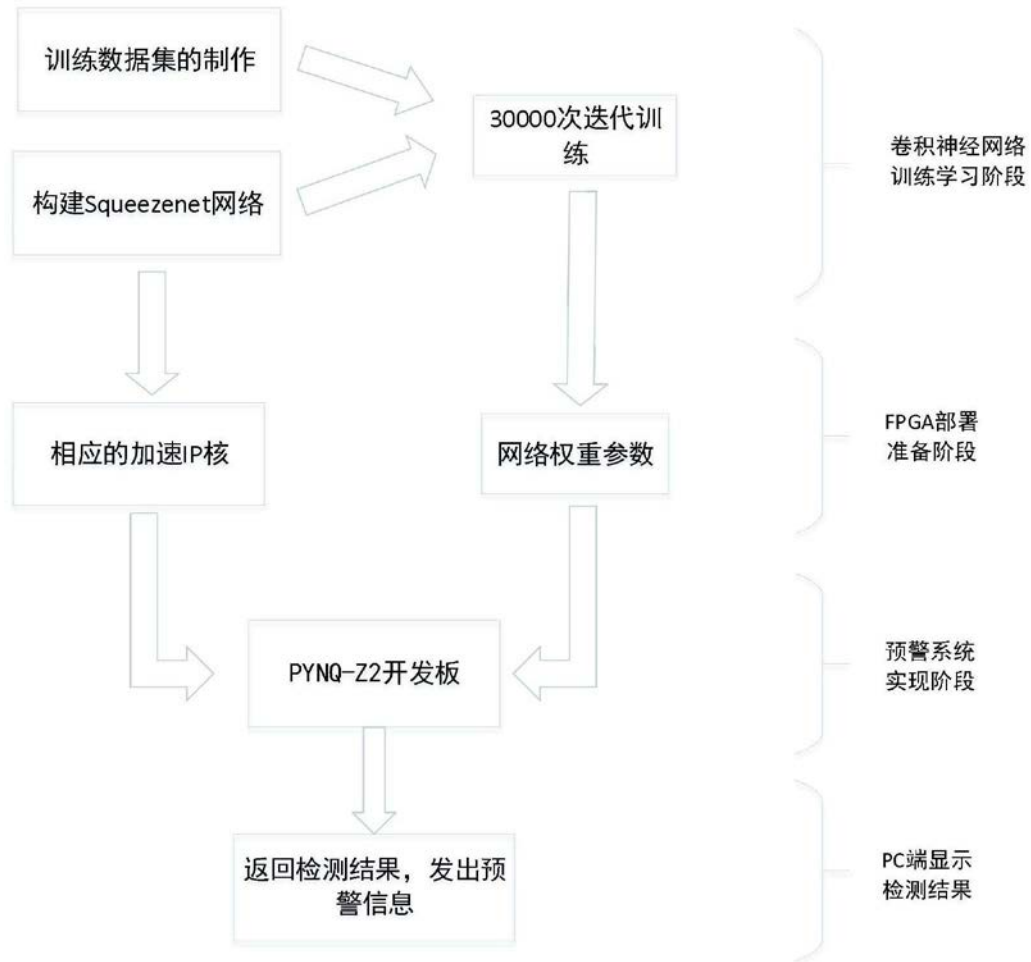
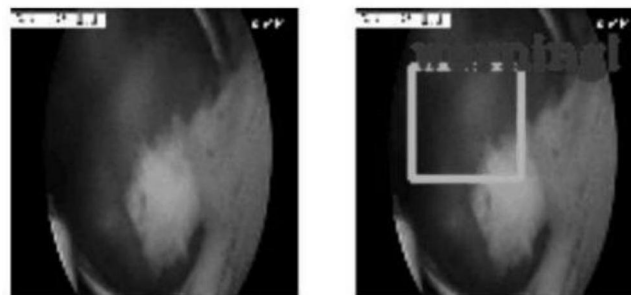


图2



原始手术视频

处理之后视频

图3

专利名称(译)	一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法		
公开(公告)号	CN109893241A	公开(公告)日	2019-06-18
申请号	CN201910201747.6	申请日	2019-03-18
[标]申请(专利权)人(译)	武汉大学		
申请(专利权)人(译)	武汉大学		
当前申请(专利权)人(译)	武汉大学		
[标]发明人	郭洋 李佳		
发明人	郭洋 左齐茹仪 李佳		
IPC分类号	A61B18/12 A61B90/00		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明属于医疗手术智能辅助技术领域，公开了一种基于FPGA的前列腺增生双极电切术智能预警方法，包括以下步骤：以Squeezenet网络为基础，构建部署于FPGA的前列腺包膜组织检测模块；获取手术实时图像，并将所述手术实时图像传送至FPGA；利用所述前列腺包膜组织检测模块对所述手术实时图像进行前列腺包膜组织进行检测，从而得到预警信息。本发明能够在前列腺增生双极电切手术中辅助医生操作，及时给出预警信息，避免过度切除，降低手术失误率。

