



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106019397 B

(45)授权公告日 2018.06.01

(21)申请号 201610215558.0

(22)申请日 2016.04.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106019397 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(73)专利权人 中国工程物理研究院电子工程研究所

地址 621900 四川省绵阳市919信箱522分箱

(72)发明人 邓贤进 成彬彬 林海川 陆彬
曾耿华 李彪 安健飞 刘杰
唐艺伦

(74)专利代理机构 成都天嘉专利事务所(普通合伙) 51211

代理人 蒋斯琪

(51)Int.Cl.

G01V 8/10(2006.01)

G01S 13/90(2006.01)

(56)对比文件

CN 103901404 A, 2014.07.02, 权利要求1.

CN 104914432 A, 2015.09.16, 权利要求4、

权利要求7.

US 2011/0205061 A1, 2011.08.25, 全文.

窦文斌. 准光技术在太赫兹技术中的应用.

《微波学报》. 2013, 第29卷(第5-6期), 113-119.

成彬彬, 等. 太赫兹成像技术在站开式安检

中的应用.《太赫兹科学与电子信息学报》. 2015, 第13卷(第6期), 843-848.

审查员 魏冬

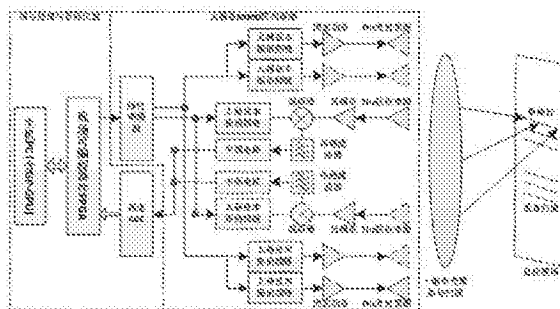
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构

(57)摘要

本发明公开了一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,该架构包括信号处理与目标识别的数字硬件、太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件、一维准光聚焦与扫描;该架构采用MIMO阵列布局,利用MIMO合成聚焦可提高系统帧速率,减少收发通道而降低系统成本;可简化系统整机结构,提高系统工作可靠性;多次多角度测量,降低相干斑影响,利于自动目标检测与识别;该架构采用以距离信息 z 为主,以强度信息 I 为辅的图像分类识别方法,特别适用于主动太赫兹快速安检仪。



1. 一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,其特征在于包括:信号处理与目标识别的数字硬件、太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件、一维准光结构,所述信号处理与目标识别的数字硬件包括主机PC、现场可编程器件FPGA、高速模拟数字转换器ADC,所述太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件包括线性调频源、太赫兹本振倍频链、固态功放、低噪放、混频器、带通滤波器、中频电路、太赫兹发射馈源、太赫兹接收馈源;

针对上述部件的连接如下:

1) 信号处理与目标识别的数字硬件互连:主机PC通过PCIE总线与现场可编程器件FPGA互连;现场可编程器件FPGA通过专用接口与高速ADC连接,现场可编程器件FPGA通过同轴电缆与线性调频源互连;高速ADC通过同轴电缆与中频电路连接;

2) 太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件互连:线性调频源与发射的太赫兹本振倍频链连接,然后发射的太赫兹本振倍频链与固态功放连接,最后固态功放与THz发射馈源连接;线性调频源与接收的太赫兹本振倍频链连接,然后接收的太赫兹本振倍频链与混频器连接,混频器与低噪放连接,最后低噪放与THz接收馈源连接;中频电路与带通滤波器连接,带通滤波器与所述混频器连接;

所述太赫兹MIMO阵列前端是一维稀疏的多入多出阵列,原理是:依次切换 N_t 个发射通道、 N_r 个接收通道同时去斜接收背散射信号;然后进行信号处理-合成聚焦;所述 N_t 个发射通道和 N_r 个接收通道,采用时分MIMO技术,则实现虚拟 $N_t * N_r$ 个收发通道;

3) 一维准光结构:太赫兹发射馈源、太赫兹接收馈源通过电磁场传播耦合与一维准光聚焦与扫描互连。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,其特征在于:所述主机PC内设置有通用图像处理器GP-GPU。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,其特征在于:所述一维准光结构是将馈源的发散波束采用柱面镜聚焦为行波束,并在聚焦光路上采用平面镜实现行波束的慢速垂直扫描;所述柱面镜采用透射式或反射式。

4. 根据权利要求3所述的一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,其特征在于:对于透射式柱面镜成像,采取非球面表面透镜;太赫兹波段的透镜材料采用环状烯烃共聚高分子材料COP、环烯烃共聚物材料TOPAS或甲基戊烯聚合物材料TPX。

5. 根据权利要求3所述的一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,其特征在于:对于反射式柱面镜成像,采用椭球柱面镜,将天线馈源和像面分别置于椭球柱面镜的两个几何焦点上,利用物像共轭关系实现小像差成像。

6. 根据权利要求1所述的一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,其特征在于:主机PC中实现的信号处理-MIMO合成聚焦是采用通用反投影GBP算法来实现。

7. 根据权利要求1所述的一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,其特征在于:所述目标检测与识别是以MIMO合成聚焦后的三维原始图像 $I(x, y, z)$ 为输入;具体检测与识别流程为:

- a、对原始图 $I(x, y, z)$ 像进行智能滤波、边界提取等;
- b、对距离信息 z 、强度信息 I 进行图像提取分类;
- c、进行以距离信息 z 为主,以强度信息 I 为辅的图像提取分类;
- d、图像显示采用颜色标记标准人体外形的方式,有效保护人体的个人隐私。

8. 根据权利要求1所述的一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构, 其特征在于工作过程如下:

首先一维准光结构扫描到目标视场中的某一行, 接着THz发射馈源依次发射且THz接收馈源同时接收获得一行的原始数据, 接着对原始数据进行信号处理-MIMO合成聚焦, 获得当前行的聚焦图像; 然后扫描到下一行, 重复前面的步骤又获得这一行的聚焦图像, 直到完成整个目标视场的扫描与获取, 将所有行信息组合成一个完整的原始三维图像; 最后, 原始的三维图像, 经过图像处理, 目标检测与识别算法后, 进行隐匿危险品的定位、标准显示和预警。

一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构

技术领域

[0001] 本发明涉及太赫兹雷达三维成像技术,特别是一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构。

背景技术

[0002] 主动太赫兹快速安检仪是太赫兹波的重要应用领域。主动太赫兹快速安检仪的一般应用需求:1.较大带宽,以满足较高的纵向分辨率要求,提高目标检测能力;2.较快速度,以满足正常人流量下的实时监测要求;3.太赫兹阵列尽量芯片化、固态化,以便于集成和小型化,提高可靠性与一致性,降低批量成本;4.自动目标检测与识别,满足对个人隐私的保护要求。这些需求对准光结构、太赫兹阵列前端、信号处理、目标识别等提出了较多的约束条件。

[0003] 目前的主动太赫兹快速安检仪主要采用单点或多点的二维准光聚焦与扫描方案,如图1所示:信号处理与目标识别的数字硬件(主机PC+现场可编程器件FPGA+高速ADC)、太赫兹阵列前端的高频硬件(线性调频源、太赫兹本振倍频链、固态功放、低噪放、混频器、带通滤波器、中频电路、太赫兹发射馈源、太赫兹接收馈源、波分器)、二维准光聚焦与扫描。

[0004] 单点或多点的二维准光聚焦与扫描方案,主要有以下缺陷:

[0005] 1、机械扫描速度受限,影响系统帧速率:

[0006] 该方案的帧速率主要由太赫兹阵列数量和准光机械扫描速率决定。阵列数越多、扫描速度越快,则系统帧速率越快。但目前因为太赫兹本振倍频链的成本相对较高,所以主要考虑提高机械扫描速度来适当提高系统帧速率。而机械扫描速度是有限制的,从而限制了系统帧速率的提高。

[0007] 2、准光结构复杂,使得系统结构复杂且较大,且系统工作可靠性下降:

[0008] 该方案的准光聚焦与扫描结构需要二维的聚焦(聚焦点)且快速扫描,因此准光结构一般较为复杂;从而使得整机系统结构复杂且较大,影响系统的易用性。由于需要快速的二维机械扫描,会产生较大振动,影响光路稳定等,从而使系统工作的可靠性下降。

[0009] 3、相干斑(Speckle)较强,不利于自动目标检测与识别:

[0010] 该方案采用二维聚焦,也即聚焦为一点,造成单点目标入射方向的选择性较强。因此对相同目标,其接收的背散射信号(Back-Scatter)强度变化较大,也即相干斑较强;从而,不利于自动目标检测与识别。

发明内容

[0011] 本发明为克服上述技术缺陷,提出了一种适用于太赫兹安检仪的 THz-QoMIMO架构,采用MIMO阵列布局,利用MIMO合成聚焦可提高系统帧速率,减少收发通道而降低系统成本;可简化系统整机结构,提高系统工作可靠性;多次多角度测量,降低相干斑影响,利于自动目标检测与识别;该架构采用以距离信息 z 为主,以强度信息 I 为辅的图像分类识别方法,特别适用于主动太赫兹快速安检仪。

[0012] 本发明的技术方案如下：

[0013] 一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构，主要包括如下特征：太赫兹频段 (Terahertz Band)+准光聚焦与扫描 (Quasi-optics Focusing and Scanning)+MIMO阵列合成孔径 (Multiple-Input Multiple-Output Array Synthetic Aperture)+目标检测与识别 (Target Detection and Recognition)。

[0014] 所述THz-QoMIMO架构，包括：信号处理与目标识别的数字硬件、太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件、一维准光结构，所述信号处理与目标识别的数字硬件包括主机PC、现场可编程器件FPGA、高速模拟数字转换器ADC，所述太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件包括线性调频源、太赫兹本振倍频链、固态功放、低噪放、混频器、带通滤波器、中频电路、太赫兹发射馈源、太赫兹接收馈源；

[0015] 针对上述组成结构，其基本连接如下：

[0016] 1) 信号处理与目标识别的数字硬件互连：主机PC通过PCIE总线与现场可编程器件FPGA互连；现场可编程器件FPGA通过总线与高速ADC连接，现场可编程器件FPGA通过同轴电缆与线性调频源互连；高速ADC通过同轴电缆与中频电路连接；

[0017] 2) 太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件互连：线性调频源与发射的太赫兹本振倍频链连接，然后发射的太赫兹本振倍频链与固态功放连接，最后固态功放与THz发射馈源连接；线性调频源与接收的太赫兹本振倍频链连接，然后接收的太赫兹本振倍频链与混频器连接，混频器与低噪放连接，最后低噪放与THz接收馈源连接；中频电路与带通滤波器连接，带通滤波器与所述混频器连接；

[0018] 3) 一维准光结构：太赫兹发射馈源、太赫兹接收馈源通过电磁场传播耦合与一维准光结构互连。

[0019] 所述主机PC内设置有通用图像处理器GP-GPU。

[0020] 上述THz-QoMIMO架构结构的基本工作过程如下：

[0021] 首先一维准光结构扫描到目标视场中的某一行，接着THz发射馈源依次发射且THz接收馈源同时接收获得一行的原始数据，接着对原始数据进行信号处理-MIMO合成聚焦，获得当前行的聚焦图像；然后扫描到下一行，重复前面的步骤又获得这一行的聚焦图像，直到完成整个目标视场的扫描与获取，将所有行信息组合成一个完整的原始三维图像；最后，原始的三维图像，经过图像处理，目标检测与识别算法后，进行隐匿危险品的定位、标准显示和预警。

[0022] 所述一维准光结构是将馈源的发散波束采用柱面镜 (透射式或反射式) 聚焦为行波束，并在聚焦光路上采用平面镜实现行波束的慢速垂直扫描。

[0023] 对于透射式柱面镜成像，可以采取非球面表面透镜来设计。太赫兹波段的透镜材料可采用环状烯烃共聚高分子材料COP (Cyclo Olefin Polymers)、环烯烃共聚物材料TOPAS (Topas Cyclo Olefin Copoly-mers) 或甲基戊烯聚合物材料TPX (Poly-4Methyl-1Pentene)。

[0024] 对于反射式柱面镜成像，可以采用椭球柱面镜来设计，将天线馈源和像面分别置于椭球镜的两个几何焦点上，利用物像共轭关系实现小像差成像。

[0025] 所述太赫兹MIMO阵列前端是一维稀疏的多入多出阵列：以较少的阵列数，采用时分技术来实现虚拟的多个收发阵列；基本工作原理是依次切换 N_t 个发射通道 (快速电扫)， N_r

个接收通道同时去斜接收背散射信号;然后进行信号处理-合成聚焦。这样 N_t 个发射和 N_r 个接收,采用时分MIMO技术,可实现虚拟 N_t*N_r 个收发通道。

[0026] 一维稀疏的多入多出阵列设计的基本依据是空间采样间距 Δx 需满足:

$$[0027] \quad \Delta x \leq \frac{\lambda_c}{4 * \sin(\theta)}, \quad \theta = \min\left(\frac{\theta_a}{2}, \frac{\theta_b}{2}\right)$$

[0028] 其中, λ_c 是系统工作频率的中心波长, θ_a 为目标与合成孔径 L_{sa} 的最大几何张角, θ_b 为天线的波束角。一维稀疏多入多出阵列的等效密集阵列,其中: N_t 个发射通道, N_r 个接收通道,目标距离为 R ,目标长度为 L_x ,最大几何张角为 θ_a ,天线波束角为 θ_b 。其中,边长 a 等于 $L_x/2 + L_{sa}/2$,边长 b 等于 R 。在 $\theta_a \leq \theta_b$ 且 $b \gg a$ 下:

$$[0029] \quad \begin{aligned} \Delta x &= \frac{\lambda_c}{4 * \sin(\frac{\theta_a}{2})} \approx \frac{\lambda_c}{4 * \tan(\frac{\theta_a}{2})} \\ &= \frac{\lambda_c}{4 * \frac{a}{b}} = \frac{\lambda_c}{4 * \frac{\frac{L_x}{2} + \frac{N_t * N_r * \Delta x}{2}}{R}} \end{aligned}$$

[0030] 根据具体的系统设计参数 λ_c 、 L_x 、 N_t 、 N_r 和 R 可以求解上述方程,得到空间采样间距 Δx 。

[0031] 依据上述得到的空间采样间距 Δx ,对 N_t 个发射通道和 N_r 个接收通道做如下布局,以达到MIMO稀疏布局的目的,其中:接收通道与接收通道间距: $N_t * \Delta x$;接收通道与发射通道间距: $2 * \Delta x$;发射通道与发射通道间距: $2 * \Delta x$ 。总的阵列长度 L_{MIMO} 为 $N_t * (N_r + 1) * \Delta x$ 。

[0032] 主机PC中实现的信号处理-MIMO合成聚焦是采用通用反投影GBP(Global Back-Projection)算法来实现。利用GBP算法的天然并行性,采用能高速并行计算的通用图像处理器(GP-GPU)进行算法加速(在TFLOPS量级),达到实时的信号处理。此外,采用GP-GPU的远程直接内存访问(RDMA)技术,原始数据直接由FPGA传输到GP-GPU内存,避免了从系统主内存中转一次的需要,有效的减少了传输带宽需求,提高数据传输效率。

[0033] 所述目标检测与识别是以MIMO合成聚焦后的三维(3D)原始图像 $I(x, y, z)$ 为输入。具体检测与识别流程如下:

[0034] 1.对原始图 $I(x, y, z)$ 像进行智能滤波、边界提取等;

[0035] 2.对距离信息 z 、强度信息 I 进行图像提取分类;

[0036] 3.进行以距离信息 z 为主,以强度信息 I 为辅的图像提取分类;以提高检测率,降低虚警率;

[0037] 4.图像显示采用颜色标记标准人体外形的方式,有效保护人体的个人隐私。

[0038] 本发明具有如下优点:

[0039] 1、MIMO合成聚焦,可提高系统帧速率,减少收发通道而降低系统成本:

[0040] 采用一维稀疏MIMO阵列实现快速的电扫,减轻了准光扫描的压力,提高扫描速率,从而可提高系统帧速率。一维稀疏MIMO阵列含 N_t 个发射和 N_r 个接收,采用时分的MIMO技术,可实现虚拟 N_t*N_r 个收发通道。这种稀疏方式可有效减少阵列数($N_t*N_r - N_t - N_r$),由于太赫兹本振倍频链的成本相对较高,从而可有效降低系统成本。

[0041] 2、一维准光聚焦与扫描,可简化系统整机结构,提高系统工作可靠性;

[0042] 由于准光子系统只需一维聚焦,所以可简化准光结构,从而减小系统的体积,提高系统易用性。此外,准光子系统只需一维的慢速扫描(约1ms/行),产生振动较小,对光路等影响较小,从而提高系统工作的可靠性。

[0043] 3、多次多角度测量,降低相干斑影响,利于自动目标检测与识别:

[0044] 一维稀疏MIMO阵列工作原理:依次切换 N_t 个发射通道(快速电扫), N_r 个接收通道同时去斜接收背散射信号;然后进行信号处理-合成聚焦。这种方式使目标经过了多角度的 N_t*N_r 次观测,也即目标背散射强度经过了 N_t*N_r 平均,从而可有效降低相干斑影响,因此利于自动目标检测与识别。

附图说明

[0045] 图1为传统的采用单点或多点的二维准光聚焦与扫描方案的主动太赫兹快速安检仪的示意图;

[0046] 图2为本发明的结构示意图;

[0047] 图3为本发明的太赫兹MIMO阵列前端的一维稀疏多入多出阵列的等效密集阵列的示意图;

[0048] 图4为本发明的一维稀疏MIMO阵列的布局图;

[0049] 图5为本发明的检测与识别流程示意图。

具体实施方式

[0050] 一种适用于太赫兹安检仪的THz-QoMIMO架构,如图2所示,包括:信号处理与目标识别的数字硬件、太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件、一维准光结构,所述信号处理与目标识别的数字硬件包括主机PC、现场可编程器件FPGA、高速模拟数字转换器ADC,所述太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件包括线性调频源、太赫兹本振倍频链、固态功放、低噪放、混频器、带通滤波器、中频电路、太赫兹发射馈源、太赫兹接收馈源;

[0051] 针对上述组成结构,其基本连接如下:

[0052] 1) 信号处理与目标识别的数字硬件互连:主机PC通过PCIE总线与现场可编程器件FPGA互连;现场可编程器件FPGA通过总线与高速ADC连接,现场可编程器件FPGA通过同轴电缆与线性调频源互连;高速ADC通过同轴电缆与中频电路连接;

[0053] 2) 太赫兹MIMO阵列前端的高频硬件互连:线性调频源与发射的太赫兹本振倍频链连接,然后发射的太赫兹本振倍频链与固态功放连接,最后固态功放与THz发射馈源连接;线性调频源与接收的太赫兹本振倍频链连接,然后接收的太赫兹本振倍频链与混频器连接,混频器与低噪放连接,最后低噪放与THz接收馈源连接;中频电路与带通滤波器连接,带通滤波器与所述混频器连接;

[0054] 3) 一维准光结构:太赫兹发射馈源、太赫兹接收馈源通过电磁场传播耦合与一维准光结构互连。

[0055] 所述主机PC内设置有通用图像处理器GP-GPU。

[0056] 上述THz-QoMIMO架构结构的基本工作过程如下:

[0057] 首先一维准光结构扫描到目标视场中的某一行,接着THz发射馈源依次发射且THz

接收馈源同时接收获得一行的原始数据,接着对原始数据进行信号处理-MIMO合成聚焦,获得当前行的聚焦图像;然后扫描到下一行,重复前面的步骤又获得这一行的聚焦图像,直到完成整个目标视场的扫描与获取,将所有行信息组合成一个完整的原始三维图像;最后,原始的三维图像,经过图像处理,目标检测与识别算法后,进行隐匿危险品的定位、标准显示和预警。

[0058] 所述一维准光结构是将馈源的发散波束采用柱面镜(透射式或反射式)聚焦为行波束,并在聚焦光路上采用平面镜实现行波束的慢速垂直扫描。

[0059] 对于透射式柱面镜成像,可以采取非球面表面透镜来设计。太赫兹波段的透镜材料可采用环状烯烃共聚高分子材料COP(Cyclo Olefin Polymers)、环烯烃 共聚物材料TOPAS(Topas Cyclo Olefin Copoly-mers)或甲基戊烯聚合物材料TPX(Poly-4Methyl-1Pentene)。

[0060] 对于反射式柱面镜成像,可以采用椭球柱面镜来设计,将天线馈源和像面分别置于椭球镜的两个几何焦点上,利用物像共轭关系实现小像差成像。

[0061] 所述太赫兹MIMO阵列前端是一维稀疏的多入多出阵列:以较少的阵列数,采用时分技术来实现虚拟的多个收发阵列;基本工作原理是依次切换 N_t 个发射通道(快速电扫), N_r 个接收通道同时去斜接收背散射信号;然后进行信号处理-合成聚焦。这样 N_t 个发射和 N_r 个接收,采用时分MIMO技术,可实现虚拟 $N_t * N_r$ 个收发通道。

[0062] 一维稀疏的多入多出阵列设计的基本依据是空间采样间距 Δx 需满足:

$$[0063] \quad \Delta x \leq \frac{\lambda_c}{4 * \sin(\theta)}, \quad \theta = \min\left(\frac{\theta_a}{2}, \frac{\theta_b}{2}\right)$$

[0064] 其中, λ_c 是系统工作频率的中心波长, θ_a 为目标与合成孔径 L_{sa} 的最大几何张角, θ_b 为天线的波束角。一维稀疏多入多出阵列的等效密集阵列,如图3所示: N_t 个发射通道, N_r 个接收通道,目标距离为 R ,目标长度为 L_x ,最大几何张角为 θ_a ,天线波束角为 θ_b 。其中,边长 a 等于 $L_x/2 + L_{sa}/2$,边长 b 等于 R 。在 $\theta_a \leq \theta_b$ 且 $b \gg a$ 下:

$$[0065] \quad \begin{aligned} \Delta x &= \frac{\lambda_c}{4 * \sin(\frac{\theta_a}{2})} \approx \frac{\lambda_c}{4 * \tan(\frac{\theta_a}{2})} \\ &= \frac{\lambda_c}{4 * \frac{a}{b}} = \frac{\lambda_c}{4 * \frac{\frac{L_x}{2} + \frac{N_t * N_r * \Delta x}{2}}{R}} \end{aligned}$$

[0066] 根据具体的系统设计参数 λ_c 、 L_x 、 N_t 、 N_r 和 R 可以求解上述方程,得到空间采样间距 Δx 。

[0067] 依据上述得到的空间采样间距 Δx ,对 N_t 个发射通道和 N_r 个接收通道做如下布局,以达到MIMO稀疏布局的目的,如图4所示:接收通道与接收通道间距: $N_t * \Delta x$;接收通道与发射通道间距: $2 * \Delta x$;发射通道与发射通道间距: $2 * \Delta x$ 。总的阵列长度 L_{MIMO} 为 $N_t * (N_r + 1) * \Delta x$ 。

[0068] 例如,如下的一个设计实例:

[0069] 在波长 λ_c 约0.9毫米、距离 R 为4.0米、目标区域 L_x 约0.8米下,采用4个发射和16个接收的稀疏阵列方式。根据上述的方法,可计算获得空间采样间距 Δx 约为2毫米,从而可确认

稀疏阵列布局方式:接收通道与接收通道间距:8毫米;接收通道与发射通道间距:4毫米;发射通道与发射通道间距:4毫米。总的阵列长度 L_{MIMO} 为136毫米。

[0070] 主机PC中实现的信号处理-MIMO合成聚焦是采用通用反投影GBP(Global Back-Projection)算法来实现。利用GBP算法的天然并行性,采用能高速并行计算的通用图像处理器(GP-GPU)进行算法加速(在TFLOPS量级),达到实时的信号处理。此外,采用GP-GPU的远程直接内存访问(RDMA)技术,原始数据直接由FPGA传输到GP-GPU内存,避免了从系统主内存中转一次的需要,有效的减少了传输带宽需求,提高数据传输效率。

[0071] 所述目标检测与识别是以MIMO合成聚焦后的三维(3D)原始图像 $I(x, y, z)$ 为输入。具体检测与识别流程如图5所示:

[0072] 1.对原始图 $I(x, y, z)$ 像进行智能滤波、边界提取等;

[0073] 2.对距离信息 z 、强度信息 I 进行图像提取分类;

[0074] 3.进行以距离信息 z 为主,以强度信息 I 为辅的图像提取分类;以提高检测率,降低虚警率;

[0075] 4.图像显示采用颜色标记标准人体外形的方式,有效保护人体的个人隐私。

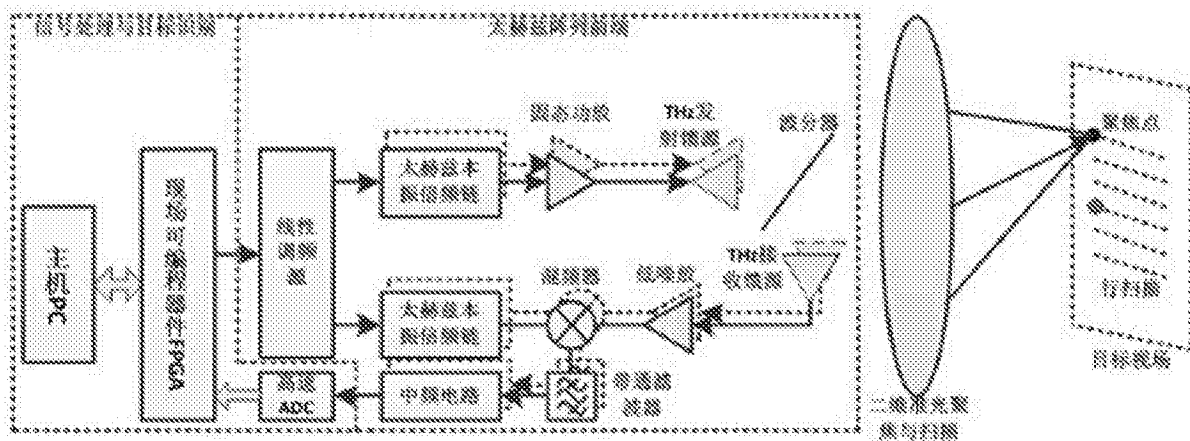


图1

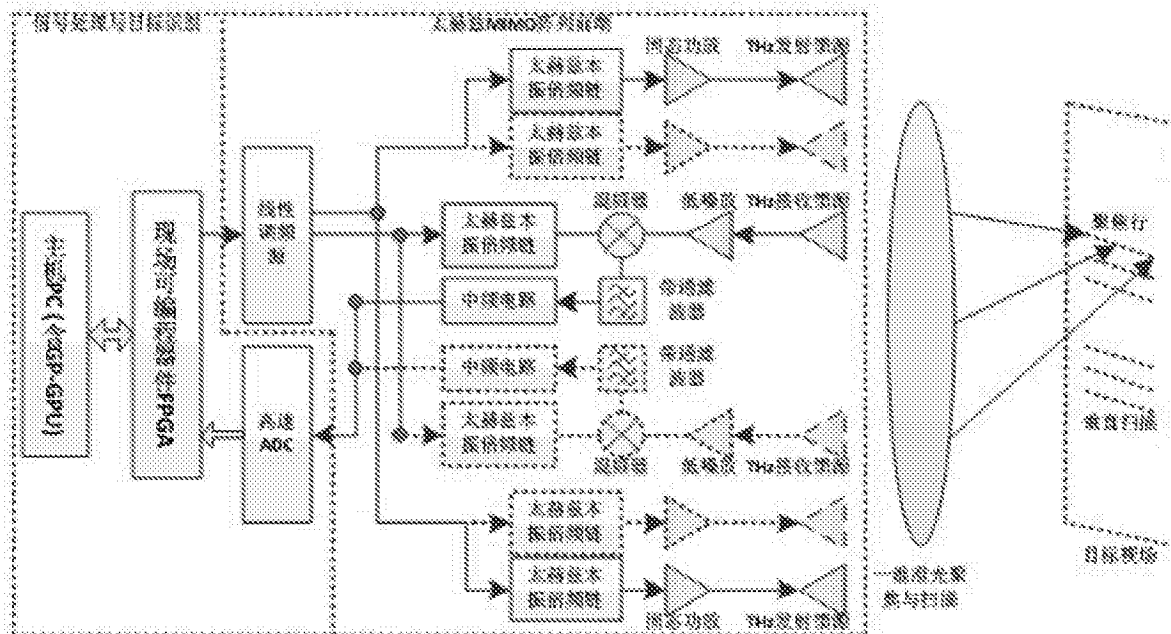


图2

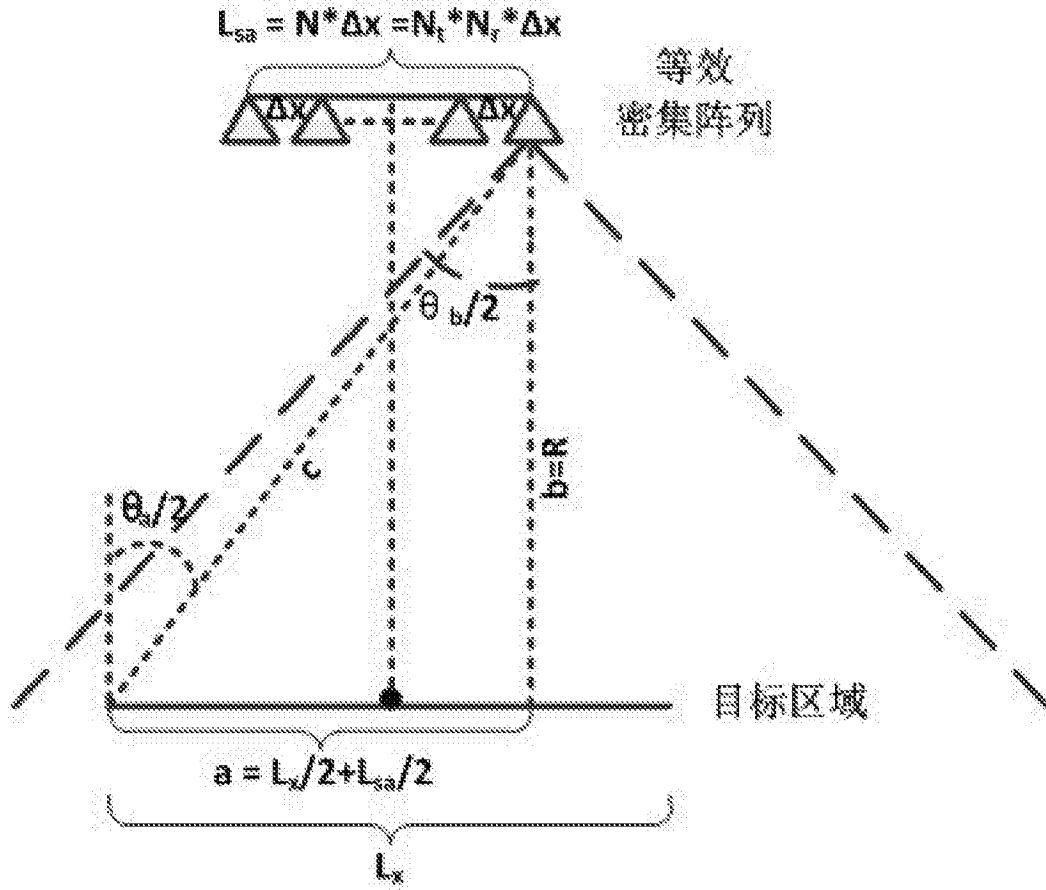


图3

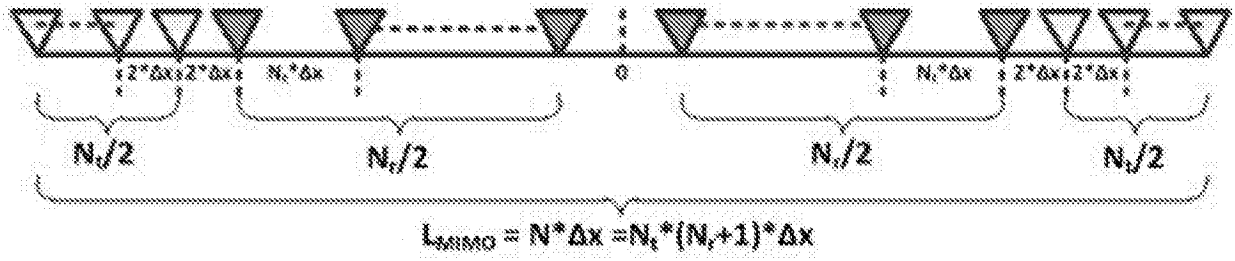


图4

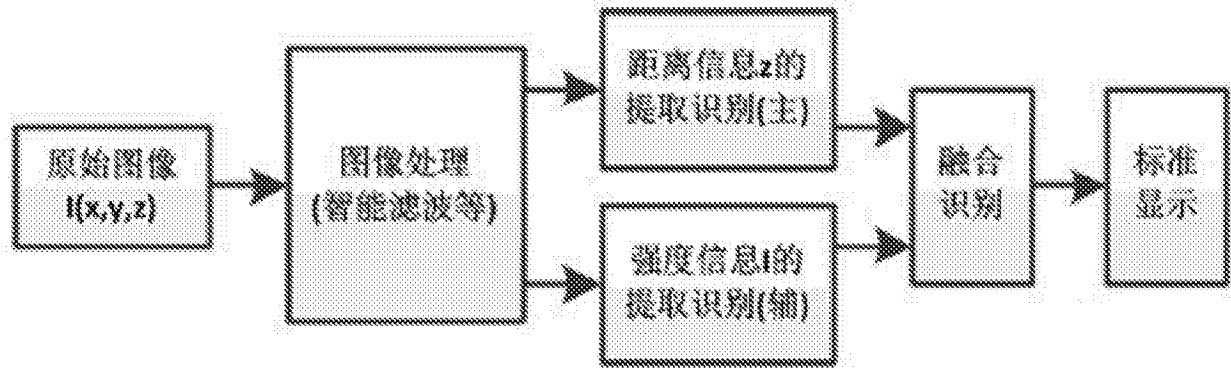


图5