

2D还是3D相机？哪种3D相机技术适合您的应用？

三维在图像处理应用中发挥着越来越重要的作用。我们的白皮书介绍了市场上流行的3D技术，并阐述了它们各自的优势和劣势。您还可以了解确定三维是否适合您的应用的判断标准。

目录

1. 2D相机技术.....	1
1.1 应用领域.....	1
2. 3D相机技术.....	1
2.1 应用领域.....	1
3. 2D或3D — 三维是否有助于完成我的任务？.....	2
4. 最受欢迎的3D技术综述.....	2
4.1 立体视觉和结构光.....	2
4.1.1 立体视觉的优点和缺点.....	2
4.1.2 结构光的优点和缺点.....	2
4.1.3 立体视觉和结构光的典型应用领域.....	2
4.2 激光三角测量法.....	2
4.2.1 激光三角测量法的优点和缺点.....	3
4.2.2 激光扫描仪的应用领域.....	3
4.3 ToF (Time-of-Flight)方法.....	3
4.3.1 优点和缺点.....	3
4.3.2 ToF (Time-of-Flight)的典型应用领域.....	4
5. 列出的3D技术的比较.....	4
6. 哪种3D技术适合我的应用？.....	5
7. 总结.....	5

1. 2D相机技术

面阵和线阵相机都具备2D相机技术。面阵相机用于拍摄场景并分析单个图像，而线阵相机采用扫描过程，逐行记录图像。根据所选的相机型号，以黑白或彩色图像（也就是RGB值）再现场景。

1.1 应用领域

对于有高对比度，或对象的结构和颜色决定最终效果的应用，则适合采用2D图像处理。目前，对于图像处理任务，2D是主导技术。

2D相机应用通常适用于所有图像处理领域，如定位、检测、测量和读取。2D相机的典型应用领域包括：

- 对采用差别组件的对象的装配检验
- 高度差几乎为零的非常平的对象的形状和尺寸检测。

- 目标物脏污检测，尤其是直接在生产线上进行的集成测试里完成检测
- 对颜色和/或打印质量（如包装上的条形码）的评估
- 对可以通过颜色或印记进行明确区分的产品进行分类
- 电路板焊锡检测



2. 3D相机技术

多种技术（将在第4节详细说明）可用于拍摄对象和场景的三维信息。3D技术区别于2D技术的一个显著特征是，除了显示对象的X和Y值外，还可以提供记录场景或对象的深度值。这为解决复杂任务提供了全新的可能，特别是在机器人、工厂自动化和医疗领域。现在，如果娱乐领域没有3D解决方案，那简直不可想象。而电影制作中虚拟现实和采用3D数据的趋势使得新应用的范围不断增加。

2.1 应用领域

在分析对象的体积、形状或3D位置时，尤其需要使用3D图像处理。在检查对象和图像的缺陷时，如果2D方面没有足够对比度，但在高度方面表现出明显差异，则可以使用深度信息处理这些任务。3D相机的典型应用领域包括：

- 在工业环境中自动驾驶车辆（如叉车）检测障碍和进行“人工”导航。
- 机器人控制的传送带抓取作业或零件拾取作业
- 进行有无检测，即使容器/箱子中的对象相比背景根本没有对比度，也可以对其进行检查和计数
- 对电路板上的组件进行位置和有否检查
- 对各种对象进行体积测量
- 食物分份，例如肉类分割

即使到目前为止，2D技术在图像处理市场更加重要，3D解决方案的趋势仍然在不断增强。未来几年，3D图像处理将变得越来越重要，尤其是因为工业4.0的发展趋势和自动化的不断增长。



3. 2D或3D—三维是否有助于完成我的任务？

在最初就应该慎重决定应使用2D还是3D相机技术来处理特定的检测任务。对于某些需求明确的应用，做出选择可能很容易。然而，对于其他一些应用，采用2D和3D技术均可，尽管二者有截然不同的优点和缺点。在选择理想解决方案之前，必须了解这些优缺点，这样才能充分使用它们。

要了解2D或3D解决方案是否适合预期的任务，可以借助一系列参考标准，结合具体应用考虑以下方面：

任务要求：	2D	3D
体积和/或形状分析	-	✓
必须识别结构和颜色	✓	-
具有良好的对比度信息	✓	-
对比度信息不佳或缺失	-	✓
必须识别高度差别	-	✓
三维定位任务/检测	-	✓

4. 最流行的3D技术综述

在2D图像处理领域，可以采用面阵和线阵相机，二者相辅相成，从而满足不同的应用要求，与之类似，3D图像处理也提供各种技术。现在最常使用的技术包括：

- 立体视觉和结构光
- 激光三角测量法
- ToF（Time-of-Flight）

每项技术根据不同的原理来记录三维信息，它们均有不同的优点和缺点。在此，这些技术同样可以实现优势互补，至于哪种最适合，这取决于各自应用的要求。下面一节中将对此进行详细讨论。

4.1 立体视觉和结构光

立体视觉的工作原理依照人类的一双眼睛。使用两个相机记录一个对象的两个2D图像。并且，从两个不同的位置记录同样的场景，借助三角测量原理，使用深度信息合成一幅三维图像。

立体视觉使用从两个普通的2D面阵相机提供的图像数据，为场景提供深度值。同时，根据相机位置以及应用的几何信息对图像进行调整。在调整后，使用匹配算法搜索右侧和左侧的对应点，创建场景的深度图像。

此方法运行的工作距离取决于基准（相机之间的距离），因此因情况而异。

提高立体系统性能的一种方式向立体解决方案添加结构光。通过使用光源将明亮的几何图案投射在场景上，可以提高测量结果的准确度，这显著降低因均质表面和低光造成的立体影像缺陷。通过校准投射灯和相机，甚至可以不使用第二台相机。

4.1.1 立体视觉的优点和缺点

+ 可以在较短距离内获得高精度

+ 可以使用2D面阵相机

+ 阳光照射不是问题

+ 高反光（称为难处理表面）的情况下也可以使用

- 不能用于均质表面

- 在低光照条件下不能运行

- 高计算能力导致实时性难以实现

4.1.2 结构光的优点和缺点

+ 可以在较短距离内获得高精度

+ 可以使用2D面阵相机

+ 阳光照射不是问题

+ 高反光（称为难处理表面）的情况下也可以使用

- 高计算负载导致实时性难以实现

- 设置复杂、安装成本高，导致总体系统成本高昂

4.1.3 立体视觉和结构光的典型应用领域

立体视觉可以实现较高精度。难处理表面不会对立体视觉造成较大影响，但始终要求对象存在少量参考标记或随机图案。这意味着这种技术一般不太适合在生产环境中使用。立体视觉通常的应用范围包括：坐标测量技术，工业、服务或机器人系统方面应用的对象和工作区的3D测量，以及危险工作区或人类无法进入的工作区的3D显示。立体系统也非常适合在室外区域的测量系统中使用，如在锯木厂中测量和检查树干。

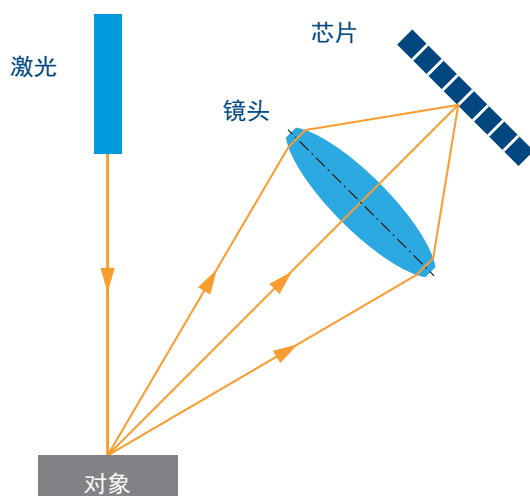
然而，如果可以接受高处理负载、复杂的安装工作和更高成本，在添加结构光后，立体视觉也适合进行目标测量的工业应用。

4.2 激光三角测量法

在运用激光三角测量法时，结合使用了2D相机和激光光源。在此过程中，激光将线或点投射在相机前的场景上。

激光线或点出现在相机前的对象上，由2D相机记录。如果使相机跨过目标或在目标旁移动（例如通过传送带），被测量对象到芯片之间

的距离会改变,那么激光线或点的观察角度随它们在相机图像中的位置一起变化。这样,通过数学运算,对象和光源之间的距离就可以通过图像中的位置坐标计算得出。



激光三角测量法的功能原理

4.2.1 激光三角测量法的优点和缺点

- + **精度极高**
- + 照明条件较差时仍可工作
- + 可用于镜面反射或高反光(难处理)表面
- 需要对目标进行激光扫描,导致速度较慢
- **工作距离小**
- 高精度要求采用非常昂贵的单个组件
- 设置复杂、安装成本高,导致总体系统成本高昂
- 如果没有安全的预防措施无法保证眼睛安全

4.2.2 激光扫描仪的应用领域

激光三角测量法对于准确性要求极高的应用,常常是一种好的选择。而对于高反光且光照条件不理想的难处理表面,也建议选择激光三角测量法。举例来说,在亚毫米级范围内测量高反光的金属片就是激光三角测量法的典型应用。另一个例子是对玻璃瓶进行分拣,这种情况下对比度极小。

4.3 ToF (Time-of-Flight)方法

ToF (Time-of-Flight)方法是获取深度数据及测量距离的非常有效的技术。ToF (Time-of-Flight)相机为每个像素提供两种信息:亮度值(描述为灰度值)以及相机和目标的距离(即深度值)。

ToF (Time-of-Flight)方法有两种不同的用法:连续波和脉冲ToF (Time-of-Flight)方法。

连续波ToF (Time-of-Flight)方法基于亮度调制光源的相位长度测量。该方法较成熟,采用标准电子元件。在此方法中使用的芯片相对较大,只能工作在较低分辨率下。

脉冲的ToF (Time-of-Flight)方法根据许多单个光脉冲的传播时间测量距离。这就需要非常快速和精确的电子元件,以实现 $\pm 1\text{cm}$ 精度范围。到目前为止,通过技术进步,能够以合理的成本生成精确的光脉冲及在高分辨率下进行精确测量。这就是脉冲ToF (Time-of-

Flight)方法能够继续快速发展的原因,而转向高分辨率的趋势同样显著。

ToF (Time-of-Flight)相机是一个紧凑的系统,没有可移动部件,它由以下组件组成:

- 主动集成光源
- 集成镜头和
- ToF (Time-of-Flight)芯片

光源发出光脉冲或连续光。这种光照射对象,然后反射回相机。同时,集成镜头确保反射的光线到达芯片。以简化的方式来诠释,就是以光线再次到达芯片的时间计算距离,从而得出每个像素的深度值。这一方法可以简单且实时地描述散点图/深度图,并可以提供同时记录的强度和置信度的图像。

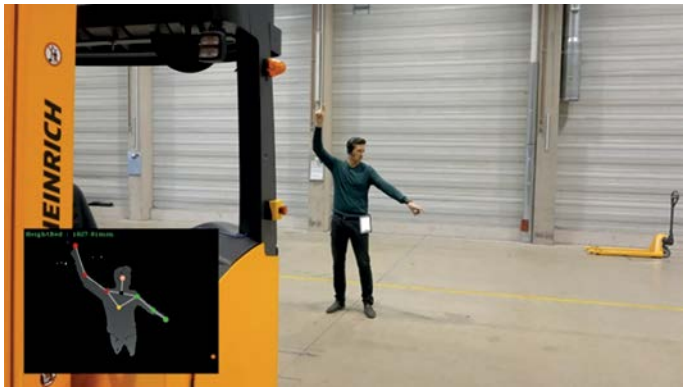
4.3.1 优点和缺点

- + 一次记录场景,无需扫描
- + **高速度**
- + 在多部分图像中提供2D和3D信息
- + **高X/Y分辨率**
- + 系统紧凑,无移动组件
- + 在低光条件下工作理想
- + 确保眼睛安全
- + 无结构或对比度要求
- + 只要提供足够强的光源,可以实现长工作距离
- + 总体系统成本低
- + 可实现高度实时性
- 镜面反射及高反光(难处理)表面存在问题
- 对杂散光敏感
- 太阳光下难以运行

4.3.2 ToF (Time-of-Flight)的典型应用领域

ToF (Time-of-Flight)相机适合长工作距离、高速和低复杂度需求的应用。如果有这些需求，且对低预算的要求高于对毫米级精确度的要求，那么，脉冲的ToF (Time-of-Flight)技术是正确选择。

物流、码垛和卸垛任务的容积测量以及物流环境中的自动驾驶车辆都适合采用ToF (Time-of-Flight)相机。ToF (Time-of-Flight)相机在医疗领域也获得了令人兴奋的新任务，那就是定位和监测患者。在工业领域中，由于ToF (Time-of-Flight)相机的深度精度相对较低，采用这种相机的系统更适合一般化任务，如较大对象的选择和放置应用。它们还可以用于机器人控制系统或大型对象的测量和位置检测，例如用于汽车制造。



用于存储自动化的智能叉车中的ToF (Time-of-Flight)相机

5. 列出的3D技术的比较

正如第4章中明确指出的那样，没有一种完美的3D技术可以满足需要三维信息的所有视觉应用需求。在选择理想的技术前，始终需要优先考虑需求。下表显示了在应用的主要需求方面各项技术的性能：

	立体视觉	结构光	激光扫描仪	ToF (Time-of-Flight)
范围	中到远	中	短	远
分辨率	中	中	不同	高
深度精度	在短工作范围内为中到极高精度	在短工作范围内为中到极高精度	极高	中
软件复杂性	高	中	高	低
实时性	低	低到中	低	高
低光条件下的运行情况	差	好	好	好
户外区域	好	差	中	目前较差 ¹
紧凑性	中	中	差	非常紧凑
材料成本	中	高	高	中到高
总运行成本	高	中到高	高	中到高

¹然而，由于新一代的芯片产生，未来几年将提高。

6. 哪种3D技术适合我的应用？

没有完美的、适合每个应用的解决方案。因此每个应用都必须根据需求和适当的技术进行新评估。首先必须决定解决方案采用2D还是3D。如果选择了需要三维的解决方案，必须根据应用的要求和相应3D技术的优缺点来选择适合的技术。

应用标准和基本条件很重要，因此需进一步梳理。而且，列出基本条件和要求，可以方便客户确定究竟应该考虑哪些技术。

应理清以下各项：

- 我的应用需要什么样的准确性？（亚mm、mm或cm）
- 目标的表面状态怎么样？（易处理/难处理）
- 该系统需要满足何种工作距离要求？
- 该系统需要何种速度？
- 该系统是否需要具备实时能力？
- 我对安装和设置有什么要求？可以接受复杂设置还是需要非常易于实施和集成？
- 应用预算总额是多少？（总体拥有成本）
- 作为单独组件，什么是3D解决方案的最大成本？
- 应用是否会用于室内或阳光直射的户外？

列出最重要的需求之后，将它们按照优先次序排序，以便找到最重要的需求。最好的方式是问自己以下问题：哪些是必须满足的要求，哪些优先级略低？另一种技术有哪些优点值得忽略某一项要求？

7. 总结

在选择图像处理技术时，不能100%确认你找的方案就是唯一正确的。在选择2D和3D技术时，也并非总是存在明确的唯一解决方案。图像处理和其后的应用通常非常复杂，具体决策必须根据用途而定。每个应用都是不同的——某一技术提供的功能具有第二优先级，相比其他因素排序略低，但是对于另一个应用，则为最重要因素，这种情况下，就必须接受更高的价格，或者接受在其他因素上有不足之处。

在2D或3D之间选择是确定正确技术的第一步。只有确定了这一选择后，才能决定适合采用哪种2D相机（如面阵或线阵相机）或哪种3D技术。

考虑该投资的总成本非常重要，这是在整個生命周期累积的成本，而不仅仅是单个组件的成本。即使某个组件价格似乎很便宜，安装系统和软件解决方案也可能导致成本较高。

随着图像处理解决方案的发展，对3D的需求将继续增多。这种增长主要因为工业4.0和工业、以及日常生活的各个领域对自动化的需求不断增长。现有的2D解决方案也可以从三维中获益，它可以提高系统的效率。





作者

Jana Bartels
产品经理

Jana Bartels负责Basler的3D相机产品线。她为Basler首款3D相机——Basler ToF相机在其整个生命周期中提供支持,并协调扩展当前的产品线和建立3D相机产品线。

联系人

Jana Bartels - 产品经理

电话: +49 4102 463 158
传真: +49 4102 463 46158
电子邮件: jana.bartels@baslerweb.com

Basler AG
An der Strusbek 60-62
D-22926 Ahrensburg
Germany

Jana于2005年进入Basler,当时是一项工业工程的工作/研究项目的成员。在完成学士学位后,她最初担任产品管理实习生,并在工作同时于2008年获得了基尔理工大学的硕士学位。之后她一直是Basler AG产品管理团队的一员,为Basler ace相机系列提供支持,并在2015年成为3D产品经理。

Basler AG

Basler是面向制造、医药、交通和零售领域应用的高质量数字相机的领先制造商。行业需求引领产品开发。Basler相机集成简单、尺寸紧凑、成像质量优秀、性价比出众。Basler有超过25年的图像处理经验。公司总部位于德国阿伦斯堡,在欧洲、亚洲和美国设有子公司和销售办事处,拥有500多位员工。

有关免责声明和隐私权声明的详细信息,请访问 www.baslerweb.com/disclaimer-cn

©Basler AG, 08/2016

Basler AG
德国总部
电话: +49 4102 463 500
传真: +49 4102 463 599
sales.europe@baslerweb.com
www.baslerweb.com

Basler, Inc.
美国
电话: +1 610 280 0171
传真: +1 610 280 7608
sales.usa@baslerweb.com

Basler Asia Pte Ltd.
新加坡
电话: +65 6367 1355
传真: +65 6367 1255
sales.asia@baslerweb.com

BASLER
the power of sight