

实习生:陈天阳

联系方式: [tiche@seas.upenn.edu](mailto:tiche@seas.upenn.edu)



# 实习报告

实习生: 陈天阳

时间: 7/9/2015 - 8/7/2015

实习地点: 上海 ABB 工程有限公司, 机器人应用

指导: [俞迪龙 dilong.yu@cn.abb.com](mailto:dilong.yu@cn.abb.com)

## 参与项目:

陈天阳在 ABB 机器人应用部门参与了机器人视觉的项目。此项目运用 Scanning Ruler 传感器采集三维“点云”图像,来识别物体(箱子)大小和方位,让机器人对物体进行相应的移动。然而,因为传感器自身的设计,只能采集黑白颜色的图像并用法线估计的算法。因此在两个放置在一起的物体(箱子)可能被误识别成一个物体。

俞迪龙工程师提出了运用 Microsoft Kinect 传感器来采集彩色图像,从而解决邻近物体识别的问题。陈天阳负责了连接新传感器,编写新代码支持,合并基于颜色和法线识别,改进并兼容已有代码的工作。

## 项目流程:

### 传感器连接:

因为 Kinect 传感器不兼容 Windows 8 以下的操作系统,Kinect SDK 不支持 Visual studio 2013 以下的环境,一台新的电脑被使用在了环境的搭建中。为了使用最新版的三维视觉处理软件库 PCL 1.7.2,相应的支持库被下载和编译了。然而,在许多资料的指示下,与 Kinect 传感器连接的接受图像模块有不兼容的可能,一个第三方的图像下载模块(Kinect Grabber)被应用了。在经过参照了 PCL 官方的教程 [1] 之后,一个 C++编写的程序显示了来自 Kinect 传感器实时的点云图像。

### 新代码编写:

视觉处理共分为了几个模块,包括了滤波,分割和识别。为了拓展性和维护性,模块都被写成了模版,用来支持不同格式的 point cloud (彩色,黑白)。主程序也支持了在线和离线两种模式,可根据运行参数进行调整。源码在经过测试后,可以连续捕捉彩色点云以及进行分析。以前 Scanning Ruler 的法线分析代码也被整合到了同一程序之中。

### 程序测试:

为了更好地切合实际运用,与机器人的通信也被添加。各项参数以及性能也被在不同的环境中被调试。用于颜色分割的方法被测试了两组,一组两个物体紧邻放置,另一组物体中间有 5mm 缝隙。在颜色分割算法测试中,有五组面积测量数据被采集并和实际值进行比较。另外,针对 Kinect 传感器的测量距离和角度也有根据官方软件考察。

## 结果:

以前基于法线识别的代码被成功添加,可以离线处理以前捕捉的点云 PCD 数据。

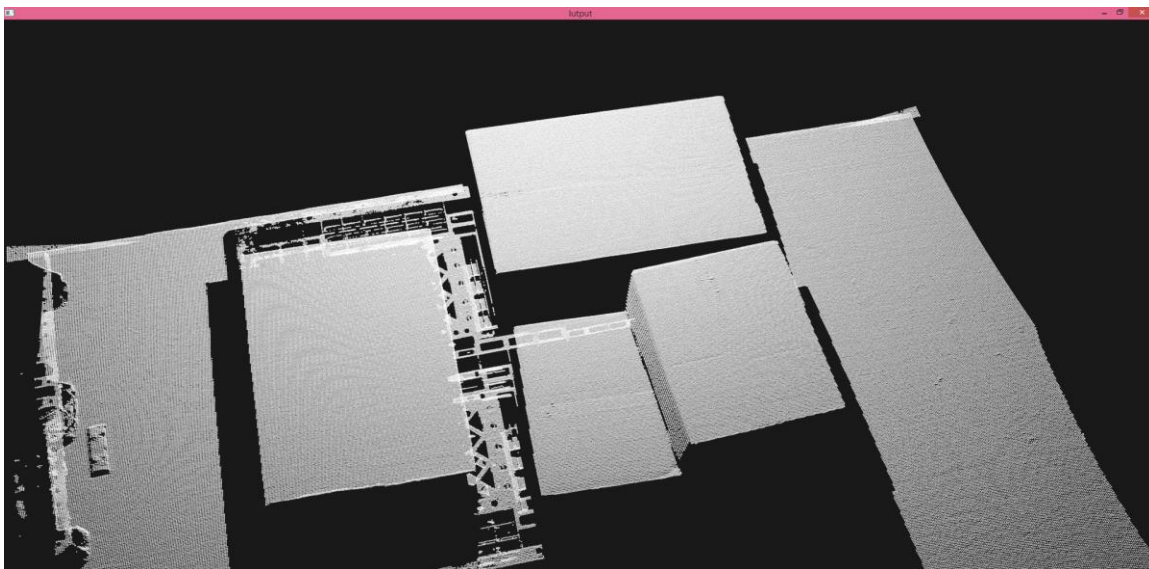


图 1: Scanning Ruler 捕捉的点云文件

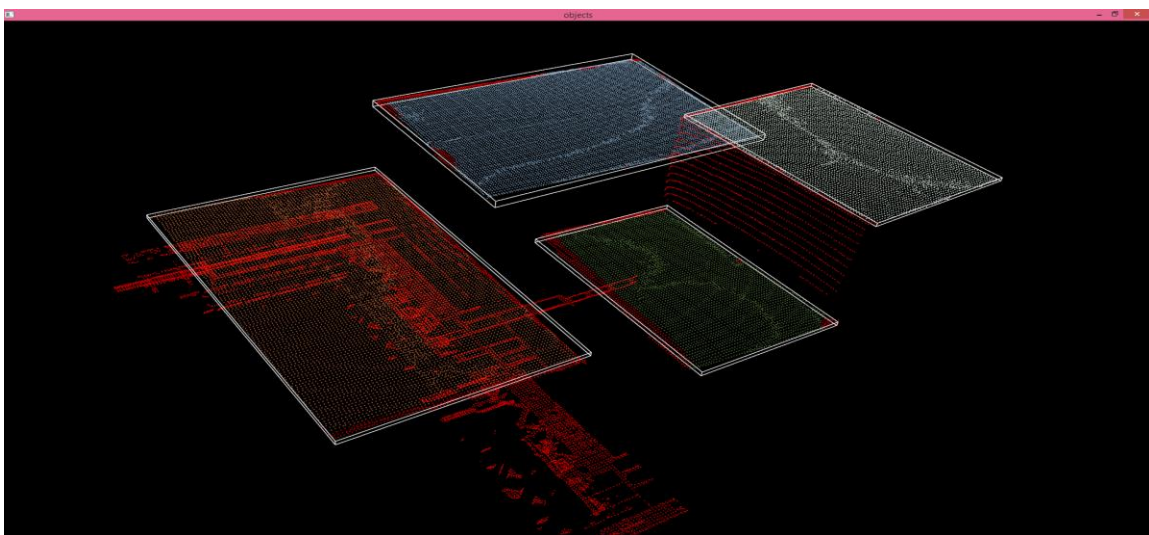


图 2: 基于法线算法的输出

基于色彩的分割也有两组测试。两组物体之间有不同的间隔，用来测试算法是否能成功分割。主要两个参数，Point Threshold 和 Region Threshold 有经过调整试验最佳值。图 3 到图 6 中目标物体是两个白色平行放置的木板。图像在距离大约 65cm 拍摄。



图 3: 两板之间有 5mm 间隙

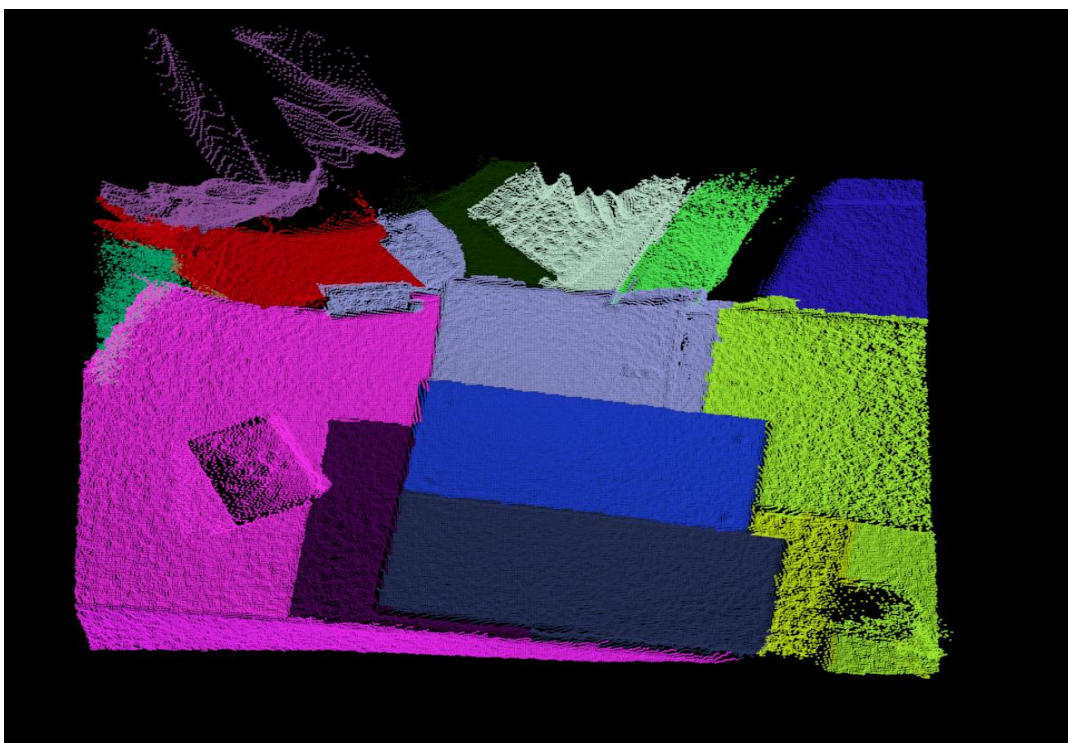


图 4: 基于色彩分割的输出 ( $pt = 2.5$   $rt = 15$ )



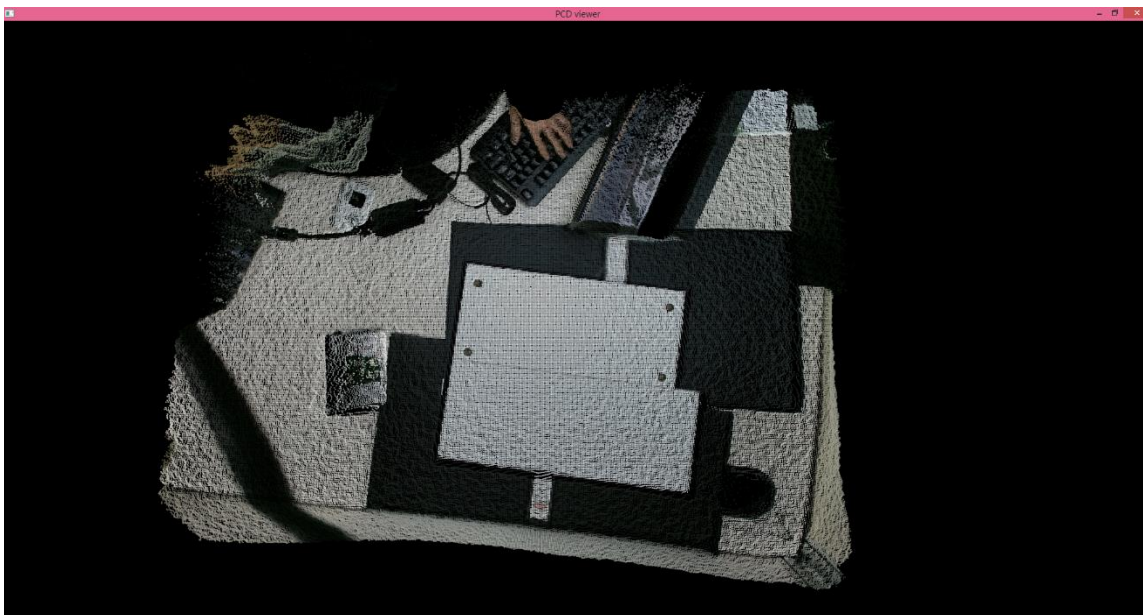


图 5: 两板紧邻

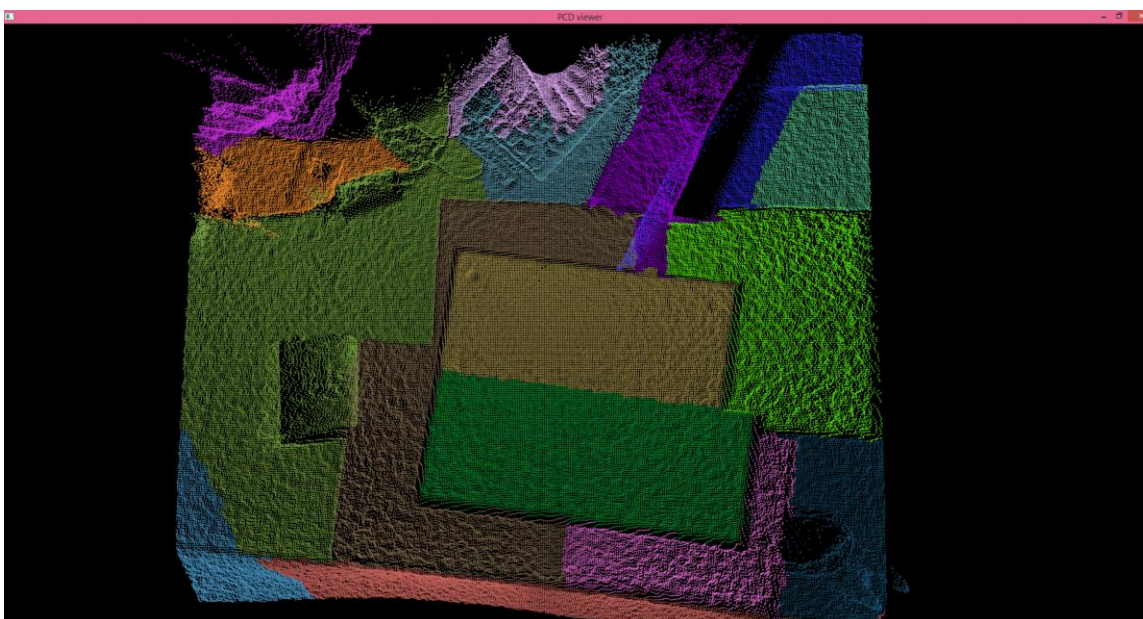


图 6: 基于色彩分割的输出 ( $pt = 1.5$   $rt = 35$ )

颜色分割被证明在参数调整后有能力识别紧邻物体。

在测试的时候, 参数有进行大量调整, 因为色彩对于环境光线敏感。具体测试要到专业测试场地进行。

### 面积数据:

在基于颜色的算法中, 五组点云数据被采集和计算出板的大致面积, 并于实际比较误差。由于法线识别紧邻物体率较低, 没有采集。

m*m	Big board	Small board
Run 1	0.08149	0.0613
Run 2	0.0785	0.06862
Run 3	0.0802	0.0668
Run 4	0.075	0.073
Run 5	0.08336	0.07616
Average	0.0797	0.06917
Actual	0.081	0.0729
Error	1.59%	5.1%

表 1: 基于颜色分割的面积测量

大板和小半面积测量平均误差有 1.59% 和 5.1%, 属于可接受范围。由于测量的办公室光线环境不均匀, 实地运用结果在控制光源后可能更准确。

### Kinect 传感器理论和测量范围:

此传感器为识别人类骨架和游戏操控而设计, 在摆放位置上有局限。[官方](#) (图 1) 公布了如下指示。

水平位置: 应放在正对目标 (人体)

竖直位置: 应放在平, 光滑表面的边缘。

竖直马达范围:  $\pm 27^\circ$  (Xbox 自动调整)

推荐与人体距离: 1.4m

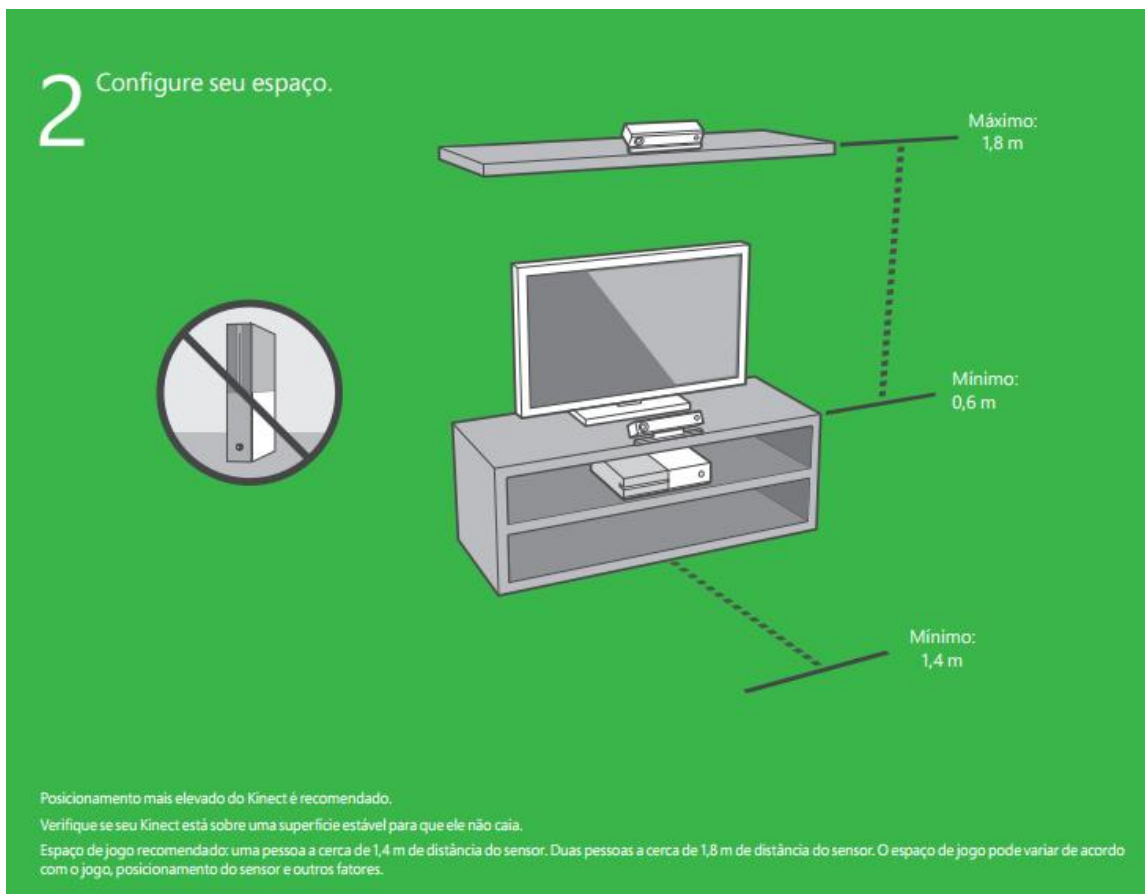


图 7: 官方传感器说明手册

虽然微软官方并没有公布具体的参数，但是媒体和社区都有进行相关的测试。以下为第三方开发社区测量数据。

### 彩色图像传感器[1]

可选分辨率: 80x60, 320x240, 640x480, 1280x960

有效视角: Horizontal FOV: 62° Vertical FOV: 48°

### 深度传感器

可选分辨率: 80x60, 320x240, 640x480

有效视角: Horizontal FOV: 58° Vertical FOV: 45°

## 综合视觉距离[2]

In default mode:

Minimum range: 80 cm

Maximum range: 400 cm

In near mode:

Minimum range: 40 cm

Maximum range: 300 cm

来源参考: [\[1\]](#) [\[2\]](#)

实际测量方法:

在 Microsoft Kinect SDK 中有一个 GUI 可一显示传感器有效范围的金字塔几何图形。因此,测量的基础被选择基于图 8 中的几何模型。在拍摄的时候把物体放在视觉边界处(红色)再测量距离,并用三角函数估算出视野角度。

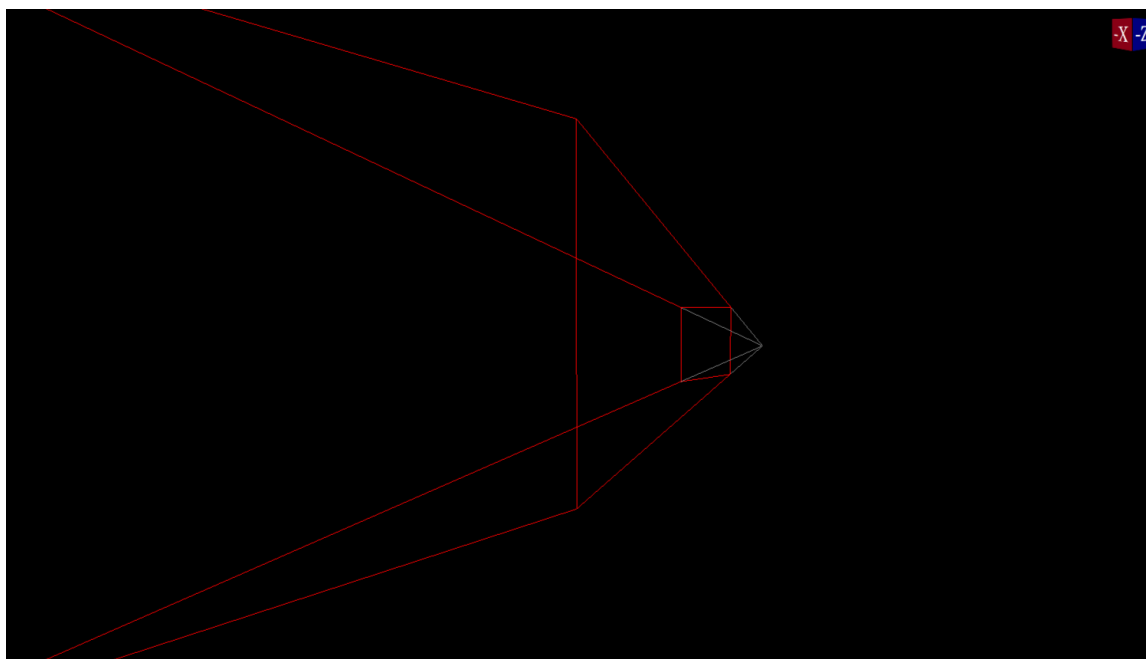


图 8: Kinect 有效范围几何图形



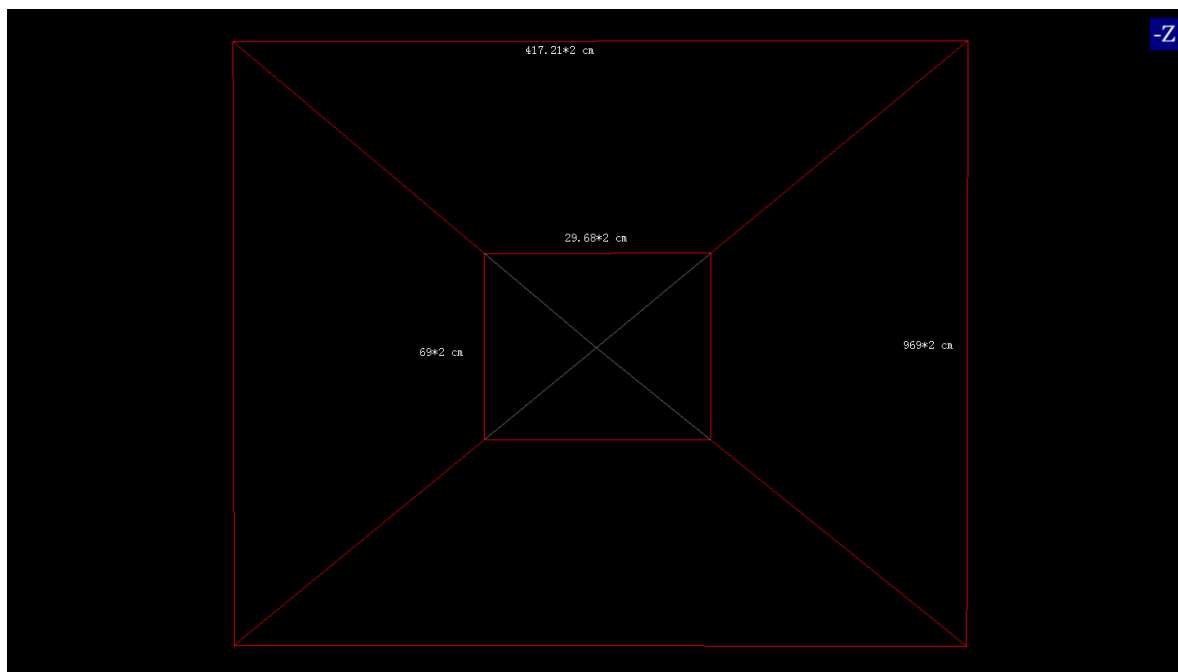


图 9: 测量边长

因为测量在办公室环境下进行, X, Y, Z 的最长范围只能根据三角函数大致算出距离。算出的水平视野角有  $62.5 \times 2$  度, 竖直接视野角度有  $51.42 \times 2$  度。与之前第三方数据差距在 15% 之内。Z 轴 (有效直线拍摄距离) 范围在 55cm - 773cm 之间。最大距离超出第三方测试的数据 3m。由于测量方法受到主观因素判断视觉边界, 难免存在误差。其差值又被等比例放大。然而, 在最远距离传感器分辨率较低, 实际应用 (0.55-1.5m) 范围误差不会放大很多。

## 结论

为了解决临近物体的勿识别问题, 通过颜色进行分割在经过测试后证明完全有可能。因为颜色对阴影敏感, 分辨率也与距离相关, 具体的参数需要在专门的环境下, 控制光源, 拍摄距离后调试。Kinect, 作为一个相对于 Scanning Ruler 来比较的底成本 (\$149.99) 传感器, 可以很简单地运用到机器人上面。其生成的电云未处理之前有 217088 个点, 基于颜色的运算时间与算法中滤波的参数有关, 在进一步的优化调试下可以提高效率。识别两个相似的邻近物体之间夹缝本来就有处理时间和准确度之间的取舍。所以, 具体参数要在实际场地进行调整优化。在这次测试后得出结论, 基于颜色的分割完全有可能被运用。

## 承认

陈天阳在实习阶段有被俞工和杨工 (Scott) 在技术上非常多的指导, 所以才能在有限的时间把新的环境搭建起来, 移植过去复杂的代码并增添新的功能。同时也非常感谢 ABB 能给予这次实习的机会。