

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2024年6月6日 (06.06.2024)



(10) 国际公布号  
WO 2024/113078 A1

- (51) 国际专利分类号:  
G06T 7/11 (2017.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/134619
- (22) 国际申请日: 2022年11月28日 (28.11.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 张镗石 (ZHANG, Qieshi); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 刘一澄 (LIU, Yicheng); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 吴福祥 (WU, Fuxiang);

中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 程俊 (CHENG, Jun); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 郝富生 (HAO, Fusheng); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京市诚辉律师事务所 (BEIJING CHENGHUI LAW FIRM); 中国北京市朝阳区朝阳北路99号楼2单元905, Beijing 100123 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE,

(54) Title: LOCAL CONTEXT FEATURE EXTRACTION MODULE FOR SEMANTIC SEGMENTATION IN 3D POINT CLOUD SCENARIO

(54) 发明名称: 用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块

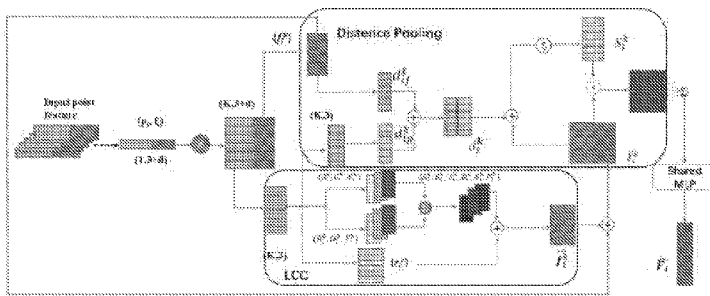


图 1

(57) Abstract: Provided in the present application is a local context feature extraction module for semantic segmentation in a 3D point cloud scenario. The local context feature extraction module comprises: a local representation of rotation invariance, which is used for: receiving local spatial information, which comprises coordinate information of several points; calculating a local rotation invariance representation of each point according to the local spatial information; searching for a centroid point of a local neighborhood, and calculating a location code of a relative point of the centroid point with respect to a neighboring point; and determining local context features according to the local rotation invariance representation of each point and the location code of the relative point. The solution learns local features having X-Y-Z three-axis rotation invariance, and also compensates for the fact that random sampling may result in the loss of many useful point features.

(57) 摘要: 本申请提供一种用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块, 该局部上下文特征提取模块包括: 旋转不变性的局部表示, 旋转不变性的局部表示接收局部空间信息, 局部空间信息包括若干点的坐标信息; 根据局部空间信息, 计算每个点的局部旋转不变性表示; 查找局部邻域的质心点, 并计算质心点与邻近点的相对点的位置编码; 根据每个点的局部旋转不变性表示及相对点的位置编码, 确定局部上下文特征。该方案学习具有X-Y-Z三轴旋转不变性的局部特征, 同时弥补随机采样可能导致许多有用的点特征丢失。

SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,  
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,  
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,  
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

## 用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块

### 技术领域

本发明属于计算机视觉技术领域，特别涉及一种用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块。

### 背景技术

由于卷积网络在2D图像上的兴起，很多研究者开始将神经网络应用于3D数据，但是，大部分工作都是将3D点云体素化或者转换为多个视角的2D图像，然后应用常规的卷积神经网络，PointNet主要解决了如何将2D神经网络直接用于处理3D点云本身，即使点云出现波动，噪声或者缺失的情况也能稳定的提取点集特征。但对于PointNet和PointNet++而言最大的不足就是他们只提取了全局特征，丢失了很多信息，虽然PointNet++设计了SA层，用于提取周围点特征，但是提取的效果不好，而且计算量比较差，另一方面由于采用的是FPS（最远点采样），这样的好处是可以尽可能地保留点云空间的特征，但是坏处就是计算大场景的点云的计算速度慢，内存要求高。

### 发明内容

本说明书实施例的目的是提供一种用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块。

为解决上述技术问题，本申请实施例通过以下方式实现的：

第一方面，本申请提供一种用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块，该局部上下文特征提取模块包括：

旋转不变性的局部表示，旋转不变性的局部表示接收局部空间信息，局部空间信息包括若干点的坐标信息；

根据局部空间信息，计算每个点的局部旋转不变性表示；

查找局部邻域的质心点，并计算质心点与邻近点的相对点的位置编码；

根据每个点的局部旋转不变性表示及相对点的位置编码，确定局部上下文特征。

在其中一个实施例中，局部空间信息记为 $(K,3)$ ，每个点的局部旋转不变性

表示包括 X 轴、Y 轴、Z 轴的旋转不变性表示；

其中，关于 Z 轴的旋转不变性表示：

$$A_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{y_i^k}{x_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{y_{im}}{x_{im}}\right)$$

$$B_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{z_i^k}{\sqrt{x_i^{k^2} + y_i^{k^2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{z_{im}}{\sqrt{x_{im}^2 + y_{im}^2}}\right)$$

关于 X 轴的旋转不变性表示：

$$C_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{z_i^k}{y_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{z_{im}}{y_{im}}\right)$$

$$D_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{x_i^k}{\sqrt{z_i^{k^2} + y_i^{k^2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x_{im}}{\sqrt{z_{im}^2 + y_{im}^2}}\right)$$

关于 Y 轴的旋转不变性表示：

$$E_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{x_i^k}{z_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x_{im}}{z_{im}}\right)$$

$$F_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{y_i^k}{\sqrt{z_i^{k^2} + x_i^{k^2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{y_{im}}{\sqrt{z_{im}^2 + x_{im}^2}}\right)$$

其中， $k = (1, 2, \dots, K)$ ， $(x_i^k, y_i^k, z_i^k)$  为  $i$  点的第  $k$  邻近点的坐标， $(x_{im}, y_{im}, z_{im})$  为  $i$  点所在点云的质心点的坐标。

在其中一个实施例中，计算质心点与邻近点的相对点的位置编码，包括：

确定质心点的坐标；

确定邻近点的坐标；

根据质心点的坐标及邻近点的坐标，计算质心点与邻近点的坐标差及欧氏距离；

根据质心点的坐标、邻近点的坐标、坐标差及欧式距离，确定质心点与邻近点的相对点的位置编码。

在其中一个实施例中，质心点的坐标  $P_i$ ，第  $k$  个邻近点的坐标  $P_i^k$ ，则质心点与第  $k$  个邻近点的相对点的位置编码  $r_i^k$  为：

$$r_i^k = MLP(P_i \oplus P_i^k \oplus (P_i - P_i^k) \oplus \|P_i - P_i^k\|)$$

其中,  $P_i - P_i^k$  表示质心点与第  $k$  个邻近点的坐标差,  $\|P_i - P_i^k\|$  表示质心点与第  $k$  个邻近点的欧式距离。

在其中一个实施例中, 根据每个点的局部旋转不变性表示及相对点的位置编码, 确定局部上下文特征, 包括:

对 X 轴、Z 轴的旋转不变性表示引入权重, 根据每个点的 Y 轴的旋转不变性表示、相对点的位置编码及引入权重后的 X 轴、Z 轴的旋转不变性表示, 确定局部上下文特征。

在其中一个实施例中, 局部上下文特征  $\widehat{f}_i^k$  为:

$$\widehat{f}_i^k = MLP(\mu A_i^k \oplus \mu B_i^k \oplus \lambda C_i^k \oplus \lambda D_i^k \oplus E_i^k \oplus F_i^k \oplus r_i^k)$$

其中,  $\lambda$  为 X 轴旋转不变性表示的权重,  $\mu$  为 Z 轴旋转不变性表示的权重,  $r_i^k$  为相对点的位置编码。

在其中一个实施例中, 局部上下文特征提取模块还包括: 注意力池化, 注意力池化通过几何距离和特征距离学习注意力权重对局部上下文特征进行加权获得增强的局部上下文特征。

在其中一个实施例中, 通过几何距离和特征距离学习注意力权重对局部上下文特征进行加权获得增强的局部上下文特征, 包括:

计算局部空间信息中点与点之间的几何距离;

计算特征距离;

根据几何距离和特征距离学习注意力池的权重;

将注意力池的权重和局部上下文特征级联合并, 并共享 MLP 和归一化指数函数得到注意力权重;

根据注意力权重和相邻点特征得到增强的局部上下文特征。

第二方面, 本申请提供一种 3D 点云场景语义分割网络, 该网络包括第一方面的用于 3D 点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块和编码器架构;

用于 3D 点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块嵌入编码器架构中。

由以上本说明书实施例提供的技术方案可见, 该方案: 学习具有 X-Y-Z 三轴旋转不变性的局部特征, 同时弥补随机采样可能导致许多有用的点特征丢失。

## 附图说明

为了更清楚地说明本说明书实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本说明书中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1为本申请提供的用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块的结构示意图；

图2为本申请提供的3D点云场景语义分割网络的结构示意图。

## 具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好地理解本说明书中的技术方案，下面将结合本说明书实施例中的附图，对本说明书实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本说明书一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本说明书中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本说明书保护的范围。

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本申请实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本申请。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本申请的描述。

在不背离本申请的范围或精神的情况下，可对本申请说明书的具体实施方式做多种改进和变化，这对本领域技术人员而言是显而易见的。由本申请的说明书得到的其他实施方式对技术人员而言是显而易见的。本申请说明书和实施例仅是示例性的。

关于本文中所使用的“包含”、“包括”、“具有”、“含有”等等，均为开放性的用语，即意指包含但不限于。

本申请中的“份”如无特别说明，均按质量份计。

相关技术中，开创性工作 PointNet 已经成为直接处理 3D 点云一种最有前途

的方法之一，它通过使用共享多层感知机（MLP）学习逐点特征，且取得了不错的效果，后来优化后衍生模型 PointNet++ 的出现，进一步的提升了点云分割的性能，但是仍然存在一些问题：1) 采用的最远点采样的方法，只适合小规模点云，而大规模点云数据量大，最远点采样（FPS）会占用更多的内存和计算和网络的效率；2) 点云本身具有旋转不变性，不同角度输入的点云，分割结果应该一致，例如一间会议室不同位置的椅子，方向肯定不同，无论从哪个角度输入网络分割，其分割结果都应该归为椅子这一类别，这表明 3D 点云学习的特征具有方向敏感性，这种方向敏感会影响点云分割的效果。

基于上述缺陷，本申请通过采用随机采样的方式来适应大规模场景级点云数据，同时提出了一个具有旋转不变性的局部上下文特征聚合模块来学习具有 X-Y-Z 三轴旋转不变性的局部特征，同时弥补随机采样可能导致许多有用的点特征丢失。

下面结合附图和实施例对本发明进一步详细说明。

参照图 1，其示出了适用于本申请实施例提供的用于 3D 点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块的结构示意图。

如图 1 所示，用于 3D 点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块，可以包括：

旋转不变性的局部表示，旋转不变性的局部表示接收局部空间信息，局部空间信息包括若干点的坐标信息；

根据局部空间信息，计算每个点的局部旋转不变性表示；

查找局部邻域的质心点，并计算质心点与邻近点的相对点的位置编码；

根据每个点的局部旋转不变性表示及相对点的位置编码，确定局部上下文特征。

具体的，局部上下文特征提取模块（Local context characteristics, LCC）：作为一个几何对象，点集的学习表示应该对旋转变换保持不变。一起旋转的点不应改变全局点云的类别，也不应该改变对点云部分结构的分割。在许多真实场景中，例如常见的椅子，属于同一类别的对象的方向通常不同。此外，可以清楚地理解，同一物体不仅由 Z 轴的旋转不变性表示，X 轴和 Y 轴也具有一定的旋转不变性。为了解决这个问题，我们建议学习一种新的具有 X-Y-Z 轴旋转不变的局部表

示，它利用极坐标表示各个点局部几何结构，LCC的整体结构如图1所示。

如图1所示，局部空间信息(K,3)被输入到LCC块中，输出是具有X、Y和Z轴旋转不变特征的局部表示，分别为 $X(C_i^k, D_i^k), Y(E_i^k, F_i^k), Z(A_i^k, B_i^k)$ 。

其中，关于Z轴的旋转不变性表示：

$$A_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{y_i^k}{x_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{y_{im}}{x_{im}}\right)$$

$$B_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{z_i^k}{\sqrt{x_i^{k2} + y_i^{k2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{z_{im}}{\sqrt{x_{im}^2 + y_{im}^2}}\right)$$

关于X轴的旋转不变性表示：

$$C_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{z_i^k}{y_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{z_{im}}{y_{im}}\right)$$

$$D_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{x_i^k}{\sqrt{z_i^{k2} + y_i^{k2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x_{im}}{\sqrt{z_{im}^2 + y_{im}^2}}\right)$$

关于Y轴的旋转不变性表示：

$$E_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{x_i^k}{z_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x_{im}}{z_{im}}\right)$$

$$F_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{y_i^k}{\sqrt{z_i^{k2} + x_i^{k2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{y_{im}}{\sqrt{z_{im}^2 + x_{im}^2}}\right)$$

其中， $k = (1, 2, \dots, K)$ ， $(x_i^k, y_i^k, z_i^k)$  为*i*点的第*k*邻近点的坐标，

$(x_{im}, y_{im}, z_{im})$  为*i*点所在点云的质心点的坐标。

可以理解的，上述所有反三角函数运算为将笛卡尔坐标系下的表示转换为极坐标系下的表示。

一个实施例中，计算质心点与邻近点的相对点的位置编码，包括：

确定质心点的坐标；

确定邻近点的坐标；

根据质心点的坐标及邻近点的坐标，计算质心点与邻近点的坐标差及欧氏距离；



根据质心点的坐标、邻近点的坐标、坐标差及欧式距离，确定质心点与邻近点的相对点的位置编码。

具体为，质心点的坐标 $P_i$ ，第 $k$ 个邻近点的坐标 $P_i^k$ ，则质心点与第 $k$ 个邻近点的相对点的位置编码 $r_i^k$ 为：

$$r_i^k = MLP(P_i \oplus P_i^k \oplus (P_i - P_i^k) \oplus \|P_i - P_i^k\|)$$

其中， $P_i - P_i^k$ 表示质心点与第 $k$ 个邻近点的坐标差， $\|P_i - P_i^k\|$ 表示质心点与第 $k$ 个邻近点的欧式距离。

一个实施例中，根据每个点的局部旋转不变性表示及相对点的位置编码，确定局部上下文特征，包括：

对X轴、Z轴的旋转不变性表示引入权重，根据每个点的Y轴的旋转不变性表示、相对点的位置编码及引入权重后的X轴、Z轴的旋转不变性表示，确定局部上下文特征。

局部上下文特征 $\widehat{f}_i^k$ 为：

$$\widehat{f}_i^k = MLP(\mu A_i^k \oplus \mu B_i^k \oplus \lambda C_i^k \oplus \lambda D_i^k \oplus E_i^k \oplus F_i^k \oplus r_i^k)$$

其中， $\lambda$ 为X轴旋转不变性表示的权重， $\mu$ 为Z轴旋转不变性表示的权重， $r_i^k$ 为相对点的位置编码。

具体的，将模块进行消融实验（分别单独引入X轴的旋转不变性表示，Y轴旋转不变性表示和Z轴旋转不变性表示，发现X、Z轴的旋转不变性表示对整体分割的效果影响更明显，所以这里引入权重 $(\lambda, \mu)$ 增加X、Z轴表示的比重，得到LCC模块输出的局部上下文特征 $\widehat{f}_i^k$ 。

一个实施例中，局部上下文特征提取模块还包括：注意力池化，注意力池化通过几何距离和特征距离学习注意力权重对局部上下文特征进行加权获得增强的局部上下文特征，具体包括：

计算局部空间信息中点与点之间的几何距离；

计算特征距离；

根据几何距离和特征距离学习注意力池的权重；

将注意力池的权重和局部上下文特征级联合并，并共享MLP和归一化指数

函数得到注意力权重；

根据注意力权重和相邻点特征得到增强的局部上下文特征。

具体的，对于LCC给出的点云局部上下文特征采用传统的最大池化或者平均池化可能会导致大部分信息的丢失，在这里我们设计一个类似于注意力池化的模块对局部上下文特征进行处理。首先我们认为距离越近的点相关性越大，我们计算出点与点之间的几何相对距离 $d_{ig}^k$ 和特征距离 $d_{if}^k$ 为：

$$d_{if}^k = \text{mean}([g(i) - g(k)])$$

然后通过计算两者的负指数来学习注意力池的权重，通过加入参数 $\zeta$ 来调整其不稳定性，则学习注意力池的权重为：

$$d_i^k = \exp(-d_{ig}^k) \oplus \zeta \exp(-d_{if}^k)$$

学习到双重距离参数和局部上下文特征通过级联合并：

$$d_i^{k+} = d_i^k \oplus \widehat{F}_i^k$$

通过共享MLP和归一化指数函数得到注意力权重：

$$S_i^k = \text{softmax}(\text{MLP}(d_i^{k+}))$$

最后注意力权重和相邻点特征得到加强后的局部上下文特征 $\widehat{F}_i$ ：

$$\widehat{F}_i = \sum^K (S_i^k \cdot \widehat{F}_i^k)$$

LCC和DP模块共同组成LD模块完成局部上下文特征的提取和增强。

本申请实施例提供的用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块，学习X-Y-Z三轴旋转不变性的局部特征，同时弥补随机采样可能导致许多有用的点特征丢失。

参照图2，其示出了适用于本申请实施例提供的3D点云场景语义分割网络的结构示意图。

如图2所示，3D点云场景语义分割网络包括用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块和编码器架构；

用于3D点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块嵌入编码器架构中。

具体的，我们将所提出的LD模块嵌入到广泛使用的编码器架构中，从而形成了一个网络，我们将其命名为LD-Net（即3D点云场景语义分割网络），

如图2所示。网络的输入是大小为 $n \times d$ 的点云，其中 $n$ 是点的数量， $d$ 是输入特征维度。点云首先被馈送到共享MLP层以提取每个点的特征，并且特征维度统一设置为8。我们使用五个编码器-解码器层来学习每个点的特性，最后使用三个连续的全连接层一个来预测每个点的语义标签。整体网络结构图如图二所示。

本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于系统实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

## 权利要求书

1.一种用于 3D 点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块,其特征在于,所述局部上下文特征提取模块包括:

旋转不变性的局部表示,所述旋转不变性的局部表示接收局部空间信息,所述局部空间信息包括若干点的坐标信息;

根据所述局部空间信息,计算每个点的局部旋转不变性表示;

查找局部邻域的质心点,并计算所述质心点与邻近点的相对点的位置编码;

根据每个点的所述局部旋转不变性表示及所述相对点的位置编码,确定局部上下文特征。

2.根据权利要求 1 所述的局部上下文特征提取模块,其特征在于,所述局部空间信息记为  $(K,3)$ ,每个点的所述局部旋转不变性表示包括 X 轴、Y 轴、Z 轴的旋转不变性表示;

其中,关于 Z 轴的旋转不变性表示:

$$A_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{y_i^k}{x_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{y_{im}}{x_{im}}\right)$$

$$B_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{z_i^k}{\sqrt{x_i^{k2} + y_i^{k2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{z_{im}}{\sqrt{x_{im}^2 + y_{im}^2}}\right)$$

关于 X 轴的旋转不变性表示:

$$C_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{z_i^k}{y_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{z_{im}}{y_{im}}\right)$$

$$D_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{x_i^k}{\sqrt{z_i^{k2} + y_i^{k2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x_{im}}{\sqrt{z_{im}^2 + y_{im}^2}}\right)$$

关于 Y 轴的旋转不变性表示:

$$E_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{x_i^k}{z_i^k}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x_{im}}{z_{im}}\right)$$

$$F_i^k = \tan^{-1}\left(\frac{y_i^k}{\sqrt{z_i^{k2} + x_i^{k2}}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{y_{im}}{\sqrt{z_{im}^2 + x_{im}^2}}\right)$$

其中,  $k = (1, 2, \dots, K)$ ,  $(x_i^k, y_i^k, z_i^k)$  为  $i$  点的第  $k$  邻近点的坐标,  $(x_{im}, y_{im}, z_{im})$  为  $i$  点所在点云的质心点的坐标。

3. 根据权利要求 1 所述的局部上下文特征提取模块, 其特征在于, 所述计算所述质心点与邻近点的相对点的位置编码, 包括:

确定质心点的坐标;

确定邻近点的坐标;

根据所述质心点的坐标及所述邻近点的坐标, 计算所述质心点与所述邻近点的坐标差及欧氏距离;

根据所述质心点的坐标、所述邻近点的坐标、所述坐标差及所述欧式距离, 确定所述质心点与邻近点的相对点的位置编码。

4. 根据权利要求 3 所述的局部上下文特征提取模块, 其特征在于, 所述质心点的坐标  $P_i$ , 第  $k$  个邻近点的坐标  $P_i^k$ , 则所述质心点与第  $k$  个邻近点的相对点的位置编码  $r_i^k$  为:

$$r_i^k = MLP(P_i \oplus P_i^k \oplus (P_i - P_i^k) \oplus \|P_i - P_i^k\|)$$

其中,  $P_i - P_i^k$  表示质心点与第  $k$  个邻近点的坐标差,  $\|P_i - P_i^k\|$  表示质心点与第  $k$  个邻近点的欧式距离。

5. 根据权利要求 2 所述的局部上下文特征提取模块, 其特征在于, 所述根据每个点的所述局部旋转不变性表示及所述相对点的位置编码, 确定局部上下文特征, 包括:

对 X 轴、Z 轴的旋转不变性表示引入权重, 根据每个点的 Y 轴的旋转不变性表示、相对点的位置编码及引入权重后的 X 轴、Z 轴的旋转不变性表示, 确定局部上下文特征。

6. 根据权利要求 5 所述的局部上下文特征提取模块, 其特征在于, 所述局部上下文特征  $\hat{f}_i^k$  为:

$$\widehat{f}_i^k = MLP(\mu A_i^k \oplus \mu B_i^k \oplus \lambda C_i^k \oplus \lambda D_i^k \oplus E_i^k \oplus F_i^k \oplus r_i^k)$$

其中,  $\lambda$  为 X 轴旋转不变性表示的权重,  $\mu$  为 Z 轴旋转不变性表示的权重,  $r_i^k$  为相对点的位置编码。

7. 根据权利要求 1 所述的局部上下文特征提取模块, 其特征在于, 所述局部上下文特征提取模块还包括: 注意力池化, 所述注意力池化通过几何距离和特征距离学习注意力权重对所述局部上下文特征进行加权获得增强的局部上下文特征。

8. 根据权利要求 7 所述的局部上下文特征提取模块, 其特征在于, 通过几何距离和特征距离学习注意力权重对所述局部上下文特征进行加权获得增强的局部上下文特征, 包括:

计算所述局部空间信息中点与点之间的几何距离;

计算特征距离;

根据所述几何距离和所述特征距离学习注意力池的权重;

将所述注意力池的权重和所述局部上下文特征级联合并, 并共享 MLP 和归一化指数函数得到注意力权重;

根据所述注意力权重和相邻点特征得到所述增强的局部上下文特征。

9. 一种 3D 点云场景语义分割网络, 其特征在于, 所述网络包括如权利要求 1-8 任一项所述的用于 3D 点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块和编码器架构;

所述用于 3D 点云场景语义分割的局部上下文特征提取模块嵌入所述编码器架构中。

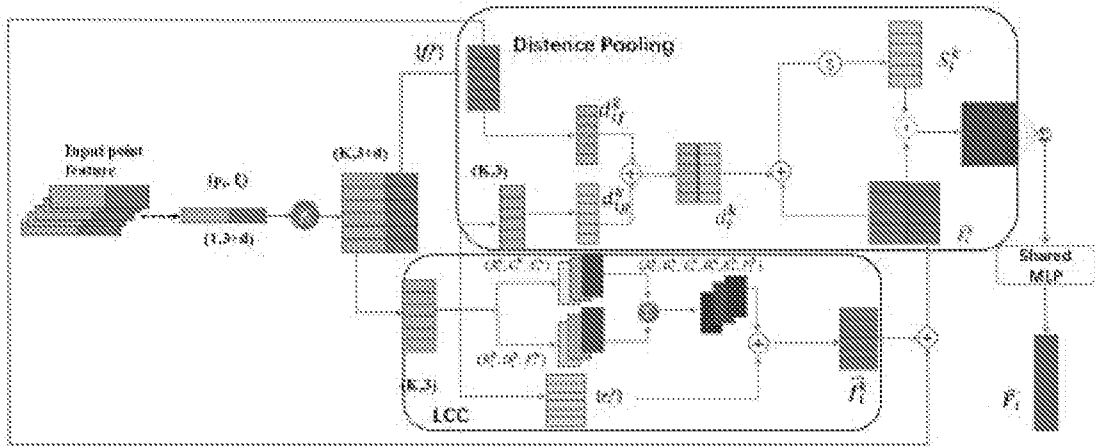


图 1





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/134619

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> G06T 7/11(2017.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: G06T, G06K  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) VEN, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, BAIDU, CNKI, IEEE: 点云, 三维, 语义, 分割, 局部, 全局, 上下文, 空间, 特征, 旋转, 不变性, 极坐标, 质心, 距离, 位置, 编码, point cloud, three-dimensional, semantic, segmentation, local, global, context, spatial, feature, rotation, invariance, polar coordinate, centroid, distance, location, encoding		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 113011430 A (INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 22 June 2021 (2021-06-22) description, paragraphs [0082]-[0165]	1-9
A	CN 113807182 A (BEIJING HORIZON INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 December 2021 (2021-12-17) entire document	1-9
A	CN 114529727 A (WUHAN TUKE INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 May 2022 (2022-05-24) entire document	1-9
A	CN 115222951 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 21 October 2022 (2022-10-21) entire document	1-9
A	WO 2020192431 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 01 October 2020 (2020-10-01) entire document	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>28 July 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>02 August 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/CN <b>China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088</b>		Authorized officer   Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/CN2022/134619</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113011430	A	22 June 2021	None			
CN	113807182	A	17 December 2021	None			
CN	114529727	A	24 May 2022	None			
CN	115222951	A	21 October 2022	None			
WO	2020192431	A1	01 October 2020	US	2020302237	A1	24 September 2020
				CN	113412505	A	17 September 2021

<p><b>A. 主题的分类</b> G06T 7/11 (2017.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																				
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) IPC: G06T, G06K</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) VEN, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, BAIDU, CNKI, IEEE: 点云, 三维, 语义, 分割, 局部, 全局, 上下文, 空间, 特征, 旋转, 不变性, 极坐标, 质心, 距离, 位置, 编码, point cloud, three-dimensional, semantic, segmentation, local, global, context, spatial, feature, rotation, invariance, polar coordinate, centroid, distance, location, encoding</p>																				
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 113011430 A (中国科学院自动化研究所) 2021年6月22日 (2021 - 06 - 22) 说明书第[0082]-[0165]段</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113807182 A (北京地平线信息技术有限公司) 2021年12月17日 (2021 - 12 - 17) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 114529727 A (武汉图科智能科技有限公司) 2022年5月24日 (2022 - 05 - 24) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 115222951 A (上海交通大学) 2022年10月21日 (2022 - 10 - 21) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2020192431 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2020年10月1日 (2020 - 10 - 01) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型:          “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件          “D” 申请人在国际申请中引证的文件          “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利          “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)          “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件          “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件          “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件          “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性          “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性          “&amp;” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 113011430 A (中国科学院自动化研究所) 2021年6月22日 (2021 - 06 - 22) 说明书第[0082]-[0165]段	1-9	A	CN 113807182 A (北京地平线信息技术有限公司) 2021年12月17日 (2021 - 12 - 17) 全文	1-9	A	CN 114529727 A (武汉图科智能科技有限公司) 2022年5月24日 (2022 - 05 - 24) 全文	1-9	A	CN 115222951 A (上海交通大学) 2022年10月21日 (2022 - 10 - 21) 全文	1-9	A	WO 2020192431 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2020年10月1日 (2020 - 10 - 01) 全文	1-9
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 113011430 A (中国科学院自动化研究所) 2021年6月22日 (2021 - 06 - 22) 说明书第[0082]-[0165]段	1-9																		
A	CN 113807182 A (北京地平线信息技术有限公司) 2021年12月17日 (2021 - 12 - 17) 全文	1-9																		
A	CN 114529727 A (武汉图科智能科技有限公司) 2022年5月24日 (2022 - 05 - 24) 全文	1-9																		
A	CN 115222951 A (上海交通大学) 2022年10月21日 (2022 - 10 - 21) 全文	1-9																		
A	WO 2020192431 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2020年10月1日 (2020 - 10 - 01) 全文	1-9																		
国际检索实际完成的日期 2023年7月28日	国际检索报告邮寄日期 2023年8月2日																			
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	授权官员 吴少鸿 电话号码 (+86) 010-53961533																			

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2022/134619

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	113011430	A	2021年6月22日	无			
CN	113807182	A	2021年12月17日	无			
CN	114529727	A	2022年5月24日	无			
CN	115222951	A	2022年10月21日	无			
WO	2020192431	A1	2020年10月1日	US	2020302237	A1	2020年9月24日
				CN	113412505	A	2021年9月17日