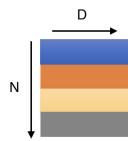


不同角度拍照用  
CNN 也可以解决  
 $\Rightarrow$  太麻烦。

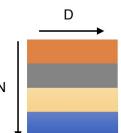
点云数据：

1. 无序性

orderless.: 任意调换元素方向



represents the same set as



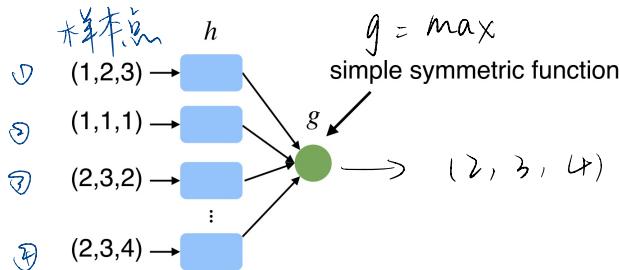
| Model needs to be invariant to  $N!$  permutations

2. 近密远疏的特性。

3. 非结构化数据，用 CNN 有点难。

$$\left\{ \begin{array}{l} f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max\{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad \text{这两种函数与 } x \text{ 位置无关.} \\ f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 + x_2 + \dots + x_n \end{array} \right.$$

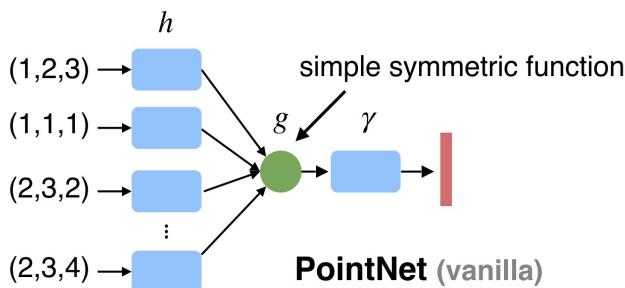
它们可以用 max 函数，但不能直接用。



这样损失太多的特征值了。

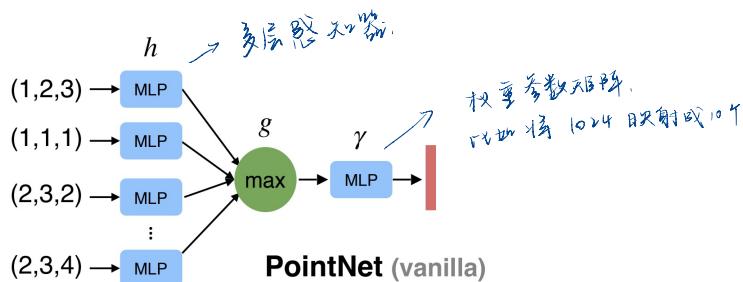
先利用维，然后再做 Max 操作。

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \gamma \circ g(h(x_1), \dots, h(x_n)) \text{ is symmetric if } g \text{ is symmetric}$$

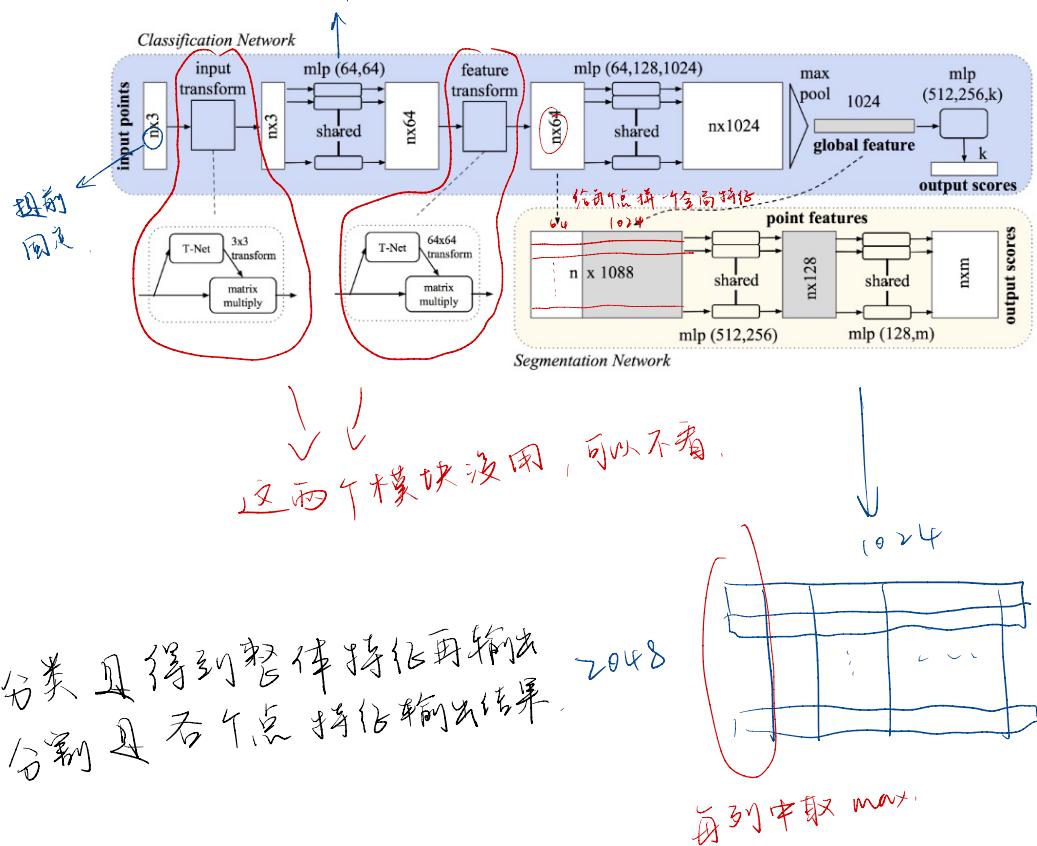


卷积

Empirically, we use **multi-layer perceptron (MLP)** and **max pooling**:



每个点局部特征



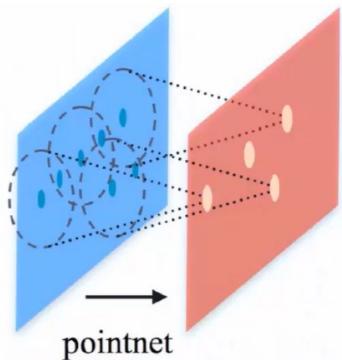
分类且得到整体特征再输出  
分割且看个点特征输出结果

2048

PointNet 有哪些问题：

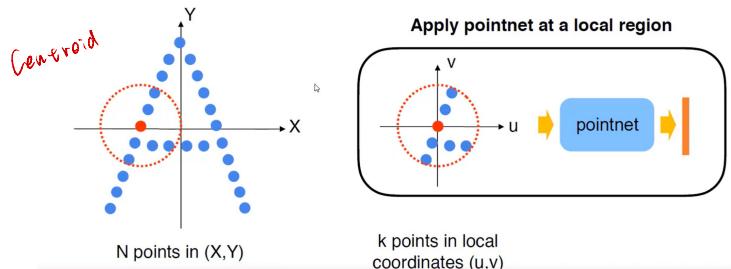
- 没有局部特征融合。  
(每个点相互之间无联系, 点之间一定有关系)

⇒ PointNet++：从局部入手，多利用局部特征。  
整体思想不变，只不过在特征提取外  
使用类似 卷积的方式来整合特征。

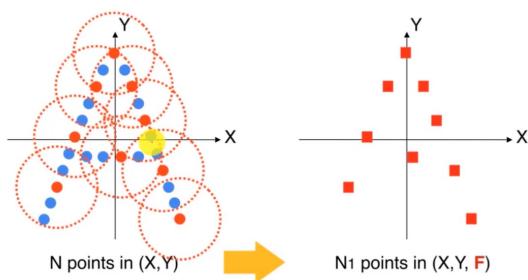


你不可能每个点都画  
也不可只是随机挑点  
簇中心点选择

最远点采样法 (farthest point sampling).



## hierarchical feature learning



**Set Abstraction: sampling + grouping + pointnet**

sampling  
例如：输入为batch\*1024\*6 (1024个点，每个点对应3个坐标3个法向量信息)  
grouping  
分组后输出为：batch\*128\*16\*6(128个中心点，每个簇16个样本)

分组：

- 每个簇中选点数需  
回到相同数量的点  
如果数量不够，复制  
离中心最近的，差多少，多多少
- 数量多了，留下点到中心点排序，  
最近的不要

## 三次不同的半径

- 实际计算时是选择多种半径，多种样本点个数，目的是特征更丰富
- 例如：半径= (0.1, 0.2, 0.4)；对应簇的样本个数 (16, 32, 64)

然后拼一起。

## • 对各组进行维度变换

- 先进行维度变换 ( $b * npoints * nsample * features, 8 * 128 * 16 * 6 -> 8 * 6 * 16 * 128$ )
- 进行卷积操作（例如：in=6, out=64）就得到提取的特征 ( $8 * 64 * 16 * 128$ )
- 注意当前每个簇都是16个样本点，我们要每一个簇对应一个特征
- 按照pointnet，做MAX操作，得到 $8 * 64 * 128$

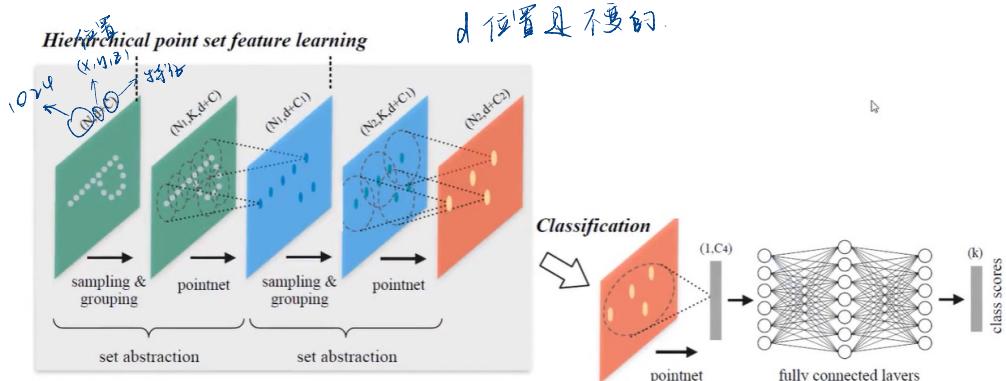
↓  
64个特征 128个簇

## • 继续做多次采样，分组，看积

- 例如：采样中心点 ( $1024 -> 512 -> 128$ )  
退出的1024个簇 把其当成1024个点  
从1024点里选512个簇
- 每一次操作时，都要进行特征拼接（无论半径为0.1,0.2,0.4；以及簇采样点个数）
- 最终都得到batch\*中心点个数\*特征（但是特征个数可能不同）
- 执行拼接操作 ( $b * 512 * 128, b * 512 * 256, b * 512 * 512 -> (b * 512 * 896)$ )

## • 分类整体网络架构

- 经过多次采样，分组，pointnet得到最终整体特征，再进行分类



## • 分割整体网络架构.

④ 分割任务有些不同，要得到每个点的特征（还需进行上采样操作）

