

神经网络与 BLE 定位

陈欣

2015 年 2 月 6 日

1 模型概述

当前的蓝牙定位是 Feed-Forward 型神经网络的一个具体应用。其基本的图模型可以表示为：

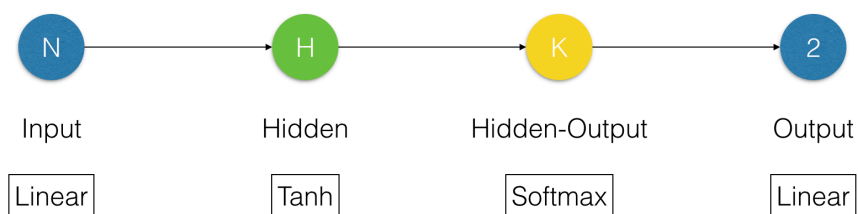


Figure 1: BLE-NeuralNetwork 图模型

其中：

1. N 可探测到的 iBeacon 的数目；
2. H 为隐层的维度，并且 $H \leq N$ ；
3. K 为标定的位置的数目，并且 $K \leq N$ ；
4. 最后的输出即为位置坐标；

在很多场景中，布设的 iBeacon 的数目往往和定标点的数目相同，此时则有 $N = H = K$ 。另外，所用的蓝牙信号的强度 RSSI 在进入神经网络之前首先要做线性变换：

$$h = 1.0 - \frac{1}{100}z$$

使得信号强度的变化区间由 $[-100, 0]$ 变为 $[0.0, 1.0]$ 。

2 定位逻辑

当前蓝牙定位的基本逻辑非常清晰：基于静态 Feed-Forward Neural Network 和给定的定标点坐标构建蓝牙信号与坐标的数值模型，在用户上传一组蓝牙信号后，首先计算出这组信号对应于各个定标点的相对权重（所有权重之和为 1.0），再根据各个定标点的坐标通过线性叠加的方法计算出该用户的位置。

整个神经网络的前三层，即：

$$Input \rightarrow Hidden \rightarrow HiddenOutput$$

需要训练，而从

$$HiddenOutput \rightarrow Output$$

的变换矩阵 W^{Output} 则是确定的（即各个定标的坐标）：

$$W^{Output} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_K & y_K \end{bmatrix}$$

在训练前三层时我们选用的目标方程为 Cross-Entropy 型，并且使用 Full-Batch 和 Scaled Conjugate Gradient 方法完成参数优化。

神经网络的代码、训练及其他相关说明参见 FDNN 的手册。

3 定位方案

3.1 硬件要求

当前的定位方案对硬件并无特殊要求，并且兼容包括 Sensoro、四月兄弟、水滴在内的诸多硬件。从目前的测试情况来看，配合 Sensoro 的硬件我们的方案往往表现更好。

注意事项：

1. iBeacon 的发射频率必须为 10Hz（或发射间隔为 100ms）；
2. iBeacon 的发射功率一般设置为 -16 dbm，-8 dbm 或者 -6 dbm；
3. 同一场景内任意两个 iBeacon 的 Major 和 Minor 不能完全相同；
4. 同一场景内所有需用的 iBeacon 的 UUID 必须一致；

3.2 地图及硬件部署方案

目前所有的蓝牙 Demo 程序均使用 1200×1200 的彩色图片作为标准地图，并且目前还不需计算该图片的比例尺。所有的坐标（定标点坐标，iBeacon 坐标，定位结果）均为图片坐标，左上角为原点，Y 的正方向朝下。

iBeacon 的布设间隔为 $[3m, 8m]$ ，一般而言在单一的走廊中可以保持 5m 或 6m 的间隔，而在大型空旷区域可适当减小至 4m。

如果将每一个 iBeacon 视为图模型中的一个 Node，那么当前方案的可定位区域则很容易确定：每一条 Edge 及多条 Edge 围住的区域即为定位可覆盖的区域：

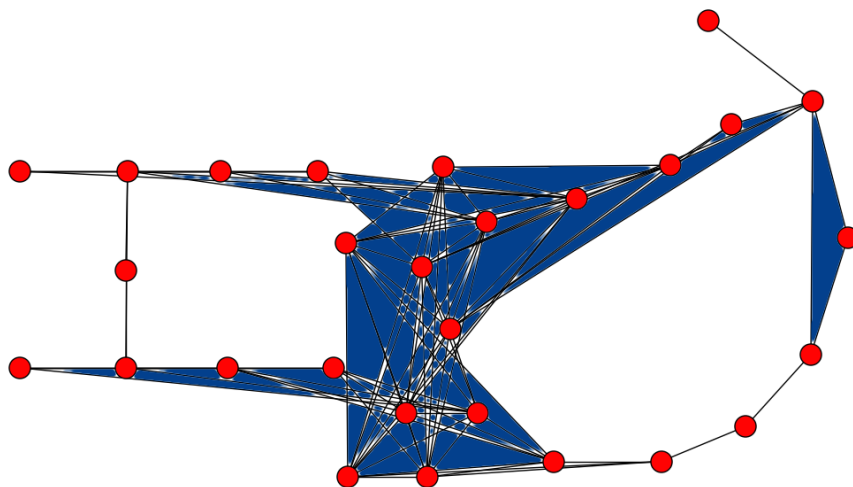


Figure 2: 微软技术大楼（MTC）2 层蓝牙定位覆盖区域示意图

3.3 信号采集

我们采用指纹方法采集蓝牙信号。每一个定标点下采集 40-60 次蓝牙数据即可。采集所使用的程序为 BluetoothCollector。

3.4 模型训练

训练方法同一般的 Feed-Forward Neural Network。具体的代码可以参见 FDNN 的使用说明。目前一个完整的蓝牙定位模型包含三个文件：一个 png 格式的 1200×1200 大小的地图图片，一个定标点坐标文件和一个文本格式的神经网络模型文件，三者配套且缺一不可。

4 进一步发展

当前的定位方案在部分场所配合较好的 iBeacon 已经可以实现比较高的定位精度（1.5-2.5 米）。蓝牙定位的方案的主要发展方向：

1. 引入 FootSLAM 使得走动采集的数据也可以用来训练整个神经网络；
2. 引入 NARX 或者 Recurrent Network 使得每一次的输出结果也能被利用起来并且使输出结果平滑；
3. 引入地图信息；

方向 3 将结合概率图模型和 networkx 这个库来实现，已有一定的尝试；方向 2 将结合 FDNN-2.0 的 NARX 网络来测试；目前 NARX 网络已被用于分层的测试，在分层测试完成后将被移植至蓝牙定位；方向 1 目前还没有具体的实践。