

# 《物联网导论》大作业要求

## 项目目标

- 1. 理解并掌握物联网设备通信互联的基本原理与方法
- 2. 理解并掌握物联网泛在信号感知的基本原理与方法

## 项目内容

### 一、声波信号模拟 Wi-Fi 通信

Wi-Fi 作为一种常见的无线通信技术，被广泛用于连接各类物联网设备。我们日常使用的手机、电脑、监控摄像头、智能家电等设备都可以通过 Wi-Fi 联网通信。Wi-Fi 设备在通信时，使用 2.4GHz/5GHz 的电磁波为传输介质，在物理层通过 OFDM 将信道分为若干个或不影响的子载波，并在每个子载波上使用正交幅度调制（QAM）生成传输信号。QAM 调制信号时结合了调幅和调相两种调制方式。之前作业中实现了相位调制方法包括 BPSK 还是 QPSK，信号的幅度始终是不变的（如图 1 (a)）。QAM 通过改变信号的振幅，可以使调制后信号具有更加丰富的信息量，从而提高传输效率（如图 1 (b)）。下图展示了两两种调制方式的星座图差异,16-QAM 的每个调制符号可以编码 4 比特数据,传输速率可达 QPSK 的两倍。

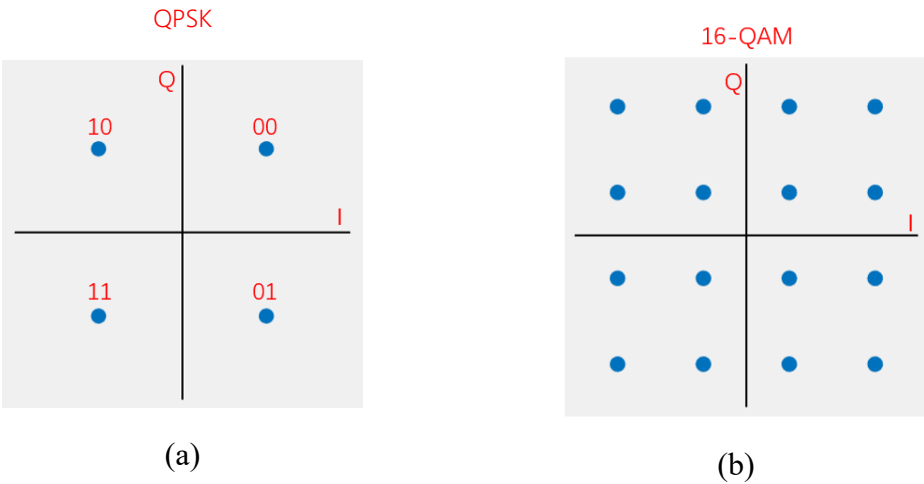


图 1. QPSK 与 16-QAM 调制方式星座图对比

参考 Wi-Fi 物理层实现方法，使用声波信号模拟简化版本的 Wi-Fi 协议进行设备间无线通信。具体要求包括：

1. 实现编码调制程序：

- a) 可将用户输入的英文字符编码成二进制比特串，有输入界面（界面美观程度不影响得分）；
- b) 基于声波信号，使用 QAM 调制技术将二进制比特串调制为格式完整的数据包。数据包结构可以自定义，一般情况下包括前导码（Preamble）、包头（Header）、数据内容段（Payload），其中前导码用于数据包检测和信号同步、包头编码数据包长度信息、内容段为 QAM 调制的数据内容（注：以上结构为常规数据包具备的结构，每一部分有各自的用途，大作业实现时允许不包括上述所有数据包结构，可以自定义结构，能正常完成数据传输即可）；
- c) 当输入文本内容过长时，可以对内容进行分割，编码成多个数据包进行传输。之前有同学实现时全部一起发送，导致中间有错误，后面都出错的情况（供参考）。
- d) 在程序内播放调制后的声波信号。

2. 实现接收解码程序：

- a) 可检测到达的声波信号（注：可以使用数据包前导码进行数据包信号的检测与同步）；
- b) 解码数据段调制符号，并根据得到的二进制比特串还原用户输入的字符；
- c) 具有可视化界面可展示解码结果（界面美观程度不影响得分）。

**作业要求：**

- 1. 使用两台设备，分别运行上述编码程序（发送端）和接收解码程序（接收端），分别测量下列各条件对传输性能的影响：
  - 距离对传输性能影响：调整发送端与接收端之间的距离（50cm、100cm、150cm、200cm），分别测量不同距离下传输的比特错误率；
  - 抗干扰能力：在 3 种不同强度的噪声环境下（安静环境、人声说话环境、大音量音乐嘈杂环境），分别测量不同噪声环境下传输比特错误

率；

- 遮挡影响：固定发送端和接收端之间距离约 100cm，在收发设备之间使用不同物体遮挡（如书籍、人体、墙壁等），分别测量不同遮挡下传输的比特错误率。

## 2. 现场功能展示：

- 传输系统性能：现场会给定一段长度大于 200 字符的文本内容，在相距 100cm 的两个设备之间进行传输，测试完成全部文本传输的总耗时和传输正确率。

## 二、声波定位

许多智能设备都具有定位的功能，例如苹果公司最新推出的 AirTag 可通过无线射频信号确定 AirTag 标签所在的位置。利用声波信号同样可以实现设备定位。例如通过分析声音信号在两个物联网设备之间的传播时间，可计算两者之间距离。当目标设备到多个位置已知的锚节点的距离被测量出来后，就可以根据几何定位算法确定目标设备的坐标。

本实验要求为：给定一个具备麦克风和喇叭的物联网设备，使用声波定位算法确定该设备在给定二维坐标系中的坐标位置。

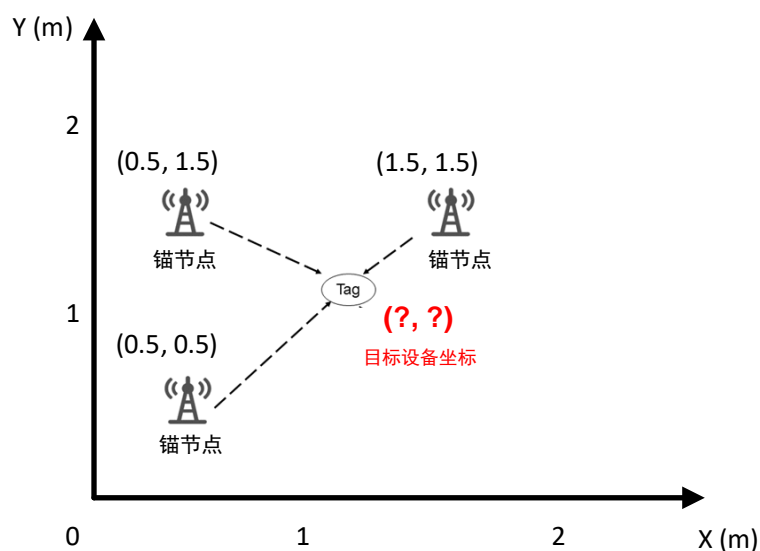


图 2. 基于测距结果的定位方法示意

例如，可能的一种定位方法如图 2 所示，具体定位步骤包括：

1. 在给定二维坐标系中，选择若干已知位置点放置锚节点；

2. 分别测量锚节点到目标设备的距离（可使用基于传播时间测距的 [BeepBeep 算法](https://github.com/iot-book/iot-book)，参考资料 [iot-book.github.io](https://github.com/iot-book/iot-book)）；
3. 基于测距结果，使用 [三边定位算法](https://github.com/iot-book/iot-book)（见参考资料 [iot-book.github.io](https://github.com/iot-book/iot-book)）确定目标设备的位置坐标。

注：可以设计其他的方法来定位，例如基于 TDoA 算法，根据不同锚节点信号到达目标设备的时间差绘制双曲线求交点定位，不强制使用上述示例方法。

### 作业要求：

1. 在不同条件下测量定位方法的性能
  - 注：取决于具体的定位方法，锚节点的数量不确定，下述实验要求限制锚节点与目标设备之间的最近距离，即任何一个锚节点到目标节点的距离都不得小于给定值。
  - 距离对性能影响：在空旷环境中，调整锚节点与目标设备之间的最近距离（50cm、100cm、150cm、200cm），分别测量不同距离下定位误差（定位结果和实际坐标之间的欧氏距离）的均值和方差，绘制统计直方图。
  - 环境噪声影响：固定锚节点与目标设备之间的最近距离为 100cm，设置 3 种不同强度的环境噪声（安静环境、人说话环境、大音量音乐嘈杂环境），分别测量定位方法的性能（包括测距均值与方差），绘制统计直方图。
  - 环境遮挡影响：固定锚节点与目标设备之间的最近距离为 100cm，在锚节点与目标设备之间使用不同物体遮挡（如书籍、人体、墙壁等），分别测量不同遮挡下定位法的性能（均值与方差），绘制统计直方图。
2. 现场验收
  - 在给定二维坐标系中，给定待测的目标设备位置和若干坐标已知的锚节点位置（如图 2 所示），允许将你的设备摆放在锚节点位置上的一个或者多个位置，将待测设备放在目标设备位置，通过你的定位算法测量目标设备的坐标，验证定位性能（定位误差和定位耗费的时间，定位误差为坐标测量值与实际值在二维平面的欧氏距离）。

# 提交材料

## 1. 实验报告

- a) 实验相关内容。
- b) 简述项目代码的实现逻辑。
- c) 展示性能测量结果（要求使用图表进行可视化）。

注：实验报告简明扼要、格式规范，能反映实验过程和最终应用性能，实验报告字数本身不作为评分标准。

## 2. 实现代码和 README 文件

- a) README 文件中注明程序的运行方法（要求能根据 README 重现相关实验结果）。
- b) 代码请添加合理注释。

## 3. 现场展示

- a) 展示的具体安排后续公布，现场展示中要体现项目实现思路、实现效果。
- b) 对应用环境的考虑也是物联网应用开发过程中的重要一环，展示应用在现场实际效果以及对应的技术上的设计。

# 时间要求

11 月 28 日（暂定）：分组进行中期讨论一次

12 月 26 日：进行现场展示（在线同学展示方法另外通知）

12 月 27 日：提交实验报告等相关材料

# 项目答疑

有疑问可以随时预约老师和助教的时间，助教和老师欢迎大家来提出问题。为了提高答疑过程的效率，请大家提前准备具体问题。对于一般化的问题或是其他同学也可能会碰到的问题，请在课程微信群中或网络学堂中直接提出，方便其他同学共同学习。