



## 物联网技术课程作业

姓名：胡成成      学号：41724260

北京科技大学 计通学院 通信 1701 班

### 1 简答调研题（每题 5 分，共 5 题，合计 25 分）

（1）在北京科技大学校内，部署电表抄表应用的物联网系统，你认为合理的无线通信方式是哪种，理由是什么？（5 分）

答：对于校园内的电表抄表应用的物联网系统，根据如下分析，可得出电表抄表所需要的无线通信方式应该有以下几个特点：

- 近距离：电表抄表不需要远距离传输数据
- 低功耗：保证电表抄表的电量消耗速度低，使用时间长
- 低数据速率：电表抄表数据传输不需要传输很多数据，对速率没有很高要求
- 网络容量大：可容纳很多电表抄表设备
- 低成本：电表抄表通信频繁，每次通信开销要小
- 数据安全：电表抄表数据必能轻易篡改，否则影响计费

结合这些特点，对比所学的无线通信技术可以看出，802.15.4/ZigBee 无线通信方式满足这些基本要求，且支持星形（star）、树形（tree）和网络（mesh）的拓扑结构，便于组网。校园内电表抄表在宿舍，教室等房间都部署着电表抄表，大面积铺设设备的要求都符合 ZigBee 支持大规模网络节点的组网特性。

因此，ZigBee 无线通信协议是适合校园内部署电表抄表的无线通信方式。

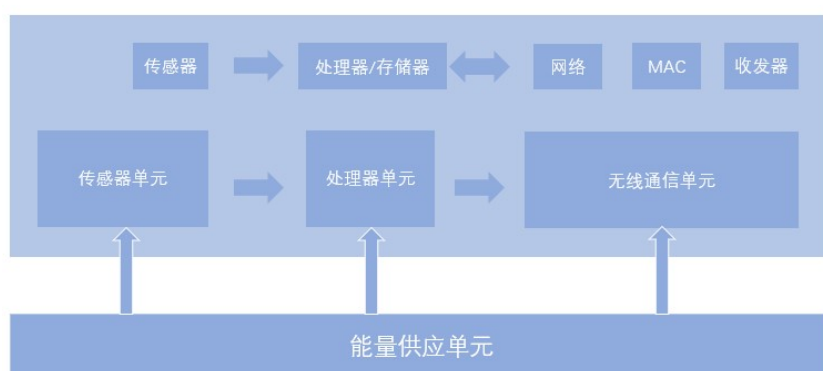
（2）调研用于工业现场的网络通信技术，并分析如何实现安全性。（5 分）

**答：**PROFINET 由 PROFIBUS 国际组织推出，是新一代基于工业以太网技术的自动化总线标准。PROFINET 为自动化通信领域提供了一个完整的网络解决方案，囊括了诸如实时以太网、运动控制、分布式自动化、故障安全以及网络安全等当前自动化领域的热点话题。针对这一技术对调研分析其实现的安全性方案。工业以太网安全性问题解决方案主要有以下三个方面：

- 外部主动防护技术：外部主动防护系统部署在系统外部，主要有纵深防御技术、入侵检测、入侵防御等等。
- 内部被动防护技术：内部被动防护技术主要包括深度分组检测和安全评估两种方式。其中，深度分组检测主要是流量统计和协议报文分析，其可以发现异常流量和异常数据，以便在问题出现之前将安全漏洞扼杀在摇篮中。安全评估系统则通过对系统协议的分析，来对系统的整个安全性和可疑的攻击进行评估。
- 协议的安全性改进：就目前技术来说，协议安全性改进主要是通过加密和其他的安全协议承载传输数据这两种方式来实现的。

**（3）为了在矿井中监测环境情况，请考虑传感器节点的设计原则，以及适合框架传感器网络的具体通信方案。（5分）**

**答：**首先，考虑矿井所处的环境具有阴暗，气体不通畅等特点。设置监测环境的传感器可能主要包括瓦斯（CH<sub>4</sub>）传感器，温湿度传感器等来获取矿洞数据。应用于井下的无线传感器网络节点分为两种：普通的传感器节点和汇聚节点。具体的传感器节点设计框架如下图所示：



**图 1 传感器节点设计框架图**

节点布置需要低成本的节点才能被大规模部署，微型化的节点才能使部署更加容易，高可靠性是实现传感器网络长时间部署的重要保障。

在通信方案的选择上，需考虑成本，功耗，可靠性等因素，综合环境和数据传输的特性，选择 ZigBee 无线通信方案更为合适。

**（4）云计算有几种类型，各自都有哪些特点。云计算的数据中心在建设过程中需要考虑哪些因素。（5分）**

**答：**云计算通常可以分为三类：将基础设施作为服务（IaaS）、将平台作为服务（PaaS）和将软件作为服务（SaaS）。

- **IaaS:** 将硬件设备等基础资源封装成服务供用户使用。在 IaaS 环境中，用户相当于在使用裸机和磁盘，既可以让它运行 Windows，也可以让它运行 Linux。IaaS 最大优势在于它允许用户动态申请或释放节点，按使用量计费。而 IaaS 是由公众共享的，因而具有更高的资源使用效率。
- **PaaS:** 提供用户应用程序的运行环境。PaaS 自身负责资源的动态扩展和容错管理，用户应用程序不必过多考虑节点间的配合问题。但与此同时，用户的自主权降低，必须使用特定的编程环境并遵照特定的编程模型，只适用于解决某些特定的计算问题。
- **SaaS:** 针对性更强，它将某些特定应用软件功能封装成服务。SaaS 既不像 PaaS 一样提供计算或存储资源类型的服务，也不像 IaaS 一样提供运行用户自定义应用程序的环境，它只提供某些专门用途的服务供应用调用。

云计算的数据中心在建设过程中需要考虑以下几个因素：

- 制定坚实的电源和冷却策略
- 实施工作流程和可衡量可重复流程
- 自动化一切
- 优先考虑分析和报告
- 始终寻求整合

**（5）面向物联网的未来发展，物联网的数据查询有哪些新的特点？（5分）**

**答：**物联网的传感器数据具有海量性，多态性，关联性及语义性。传感器网络了数据查询分为快照查询和连续查询。其中快照查询有查询不固定、数据不固定的特点，连续查询有查询固定、数据不固定的特点。随着 5G 的到来，物联网数据查询可能有两个新特点：

- 一方面：物联网终端设备数量不断增加，数据量爆炸式增长，没有用的数据将越来越多，查询的效率也因此可能会下降，因此，物联网未来发展过程要求数据查询算法上更加快速精准，剔除无用的数据，迅速定位到需要查询的数据。
- 另一方面：数据的种类和关联性更加复杂，便于数据查询，需要在数据处理方面探索更加高效的分类算法，从数据的关联中查询出数据间的特性。

## 2. 设计题（以下两题 2 选 1 完成，共计 15 分）

### 2.1 条形码

选择第二题，本题跳过。

### 2.2 WiFi 定位

题目 2 主要是研究基于 WiFi 的定位。首先，在一个有 WiFi 热点的地区，在不同的位置，扫描某个固定 SSID 的 AP 的信号强度的变化。

（1）记录你的结果，并给出列表。

（2）假设该 AP 的位置未知，通过上述测量结果定位该 AP 的位置。

（3）答题内容包括调研的数据、图示，分析、关键的定位方法等。参考文献应给出标准格式的引用。本题实践性强，重点考察你是否真的去测量实际的数据，并且运用你的知识去分析数据的能力。回答内容中应有充分的数据和图示。可以用软件绘图，也可以手绘后拍摄。

（4）需要给出必要的证明材料，包括原始数据，自己在场景中的调研照片等。

#### 2.2.1 实验目的

- 通过实验了解基于 WiFi 定位的原理
- 通过数据分析感知 WiFi 信号相关属性
- 通过实践调查与实验分析掌握 AP 信号的测量和分析方法

#### 2.2.2 实验环境

- 操作系统：Windows 10
- 测量工具：WirelessMon
- AP 型号：MW310R

#### 2.2.3 实验原理

##### 2.2.3.1 基于网络的无线定位技术<sup>[1]</sup>

- 基于电波传播时间（TOA）：若电波从移动终端到基站的传播时间为 $t$ ，电波传输速度为 $c$ ，则移动终端位于以基站位置为圆心，以 $c \times t$ 为半径的圆上。如果同时有三个以上的基站收到移动终端的无线信号，则移动终端的二维位置的坐标可由以基站为圆心的三个圆的交点确定。基于以 TOA 的无线定位，时间上  $1\mu s$  的误差将导致定位结果在空间

上产生 300 米左右的误差，因此要求基站拥有非常精确的时钟，收发信号的双方能够精确同步。

- 基于电波传播时间差（TDOA）：通过测量无线信号到达基站的时间而不是无线信号到达基站的绝对时间来对移动终端进行定位，从而降低对时间同步的要求。根据信号到达两个基站的时间差，则可以确定移动终端位于以这两个基站为焦点的双曲线上。如果有三个以上的基站，则可以建立起多个双曲线方程，这些双曲线方程的交点就是移动终端的二维坐标位置。

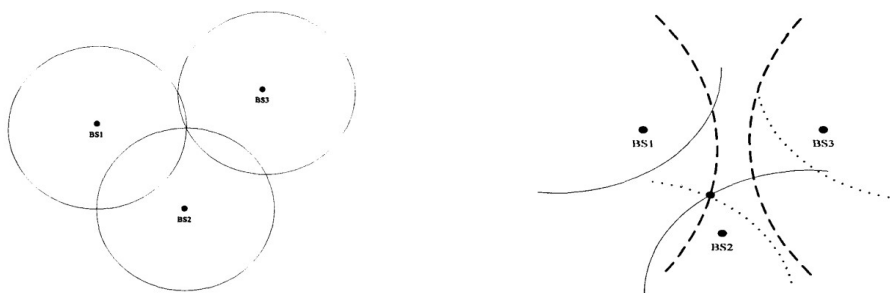


图 2 TOA 定位技术（左）与 TDOA 定位技术（右）

- 基于信号强度（RSSI）：无线信号的信号强度随着传播距离的增加而衰减，接收方与发送方离得越近，则接收方的信号强度就越强；接收方与发送方离得越远，则接收到的信号强度就越弱。根据移动终端测量接收到的信号强度和已知的无线信号衰落模型，可以估算出收发方之间的距离，根据多个估算的距离值，可以计算出移动终端的位置。这种方法相对简单，不需要对网络添加额外的硬件设备，但是由于影响无线信号强度因素较多，定位精度不是很理想。

### 2.2.3.2 基于 RSSI 定位技术的相关计算<sup>[2]</sup>

无线信号的发射功率和接收功率之间的关系可以用式（1）表示， $P_R$ 是无线信号的接收功率， $P_T$ 是无线信号的发射功率， $d$ 是收发节点之间的距离， $n$ 是信号传播因子，其数值的大小取决于无线信号传播的环境。

$$P_R = P_T / d^n \quad (1)$$

在发射功率已知的情况下对公式两边取对数，得到式（2）：

$$10 \lg P_R = -(A + 10 \times n \lg d) \quad (2)$$

接收信号功率转换为 dBm 值的表达式，即式（3）：

$$RSSI(\text{dBm}) = -(A + 10 \times n \lg d) \quad (3)$$

常数 $A$ 和 $n$ 的值决定了接收信号强度和信号传输距离的关系。射频参数 $A$ 和 $n$ 用于描述网络操作环境。射频参数 $A$ 被定义为用 dBm 表示的距发射器 1 米时接收到平均能量的绝对值，

如平均接收能量为-40dBm，那么参数A被定为 40。射频参数n指出了信号能量随着到收发器距离的增加而衰减的速率。接收信号强度的衰减与 $d^n$ 成比例，在理想环境下，信号的长期衰落服从对数正态分布。

环境影响因子的加入<sup>[3]</sup>，考虑环境的影响，在式（3）的基础上增加环境影响因子，得到公式（4）：

$$RSSI(dBm) = -(A + 10 \times n \lg d) - EAF(dBm) \quad (4)$$

上式中 $EAF(dBm)$ 为环境影响因子，它取决于系统环境，是靠大量的数据累积的经验值。 $EAF(dBm)$ 是一个随机变量，但是为了增强实用性，可以把它设为固定值。通过大量比较在实验环境下测得的RSSI值与理想状态下的RSSI值，得出测试环境中 $EAF(dBm)$ 的值为11.9dBm，n取值为3.5。

### 2.2.3.3 加权质心定位算法<sup>[4]</sup>

已知B、C、D点，A是未知结点，如图3，先以BC边为例，在得到A与B、C之间的距离为d1和d2，以B、C为圆心，d1和d2为半径分别作圆，相交于A1和A2，这两个交点是未知节点A的近似位置<sup>[5]</sup>。D节点和A1、A2的距离分别为 $L_{A1D}$ 和 $L_{A2D}$ 。A和D之间的距离为d3，判断A1、A2哪个是A的近似位置可以通过判断和的大小来决定，小的就为A的近似位置记为 $(x1,y1)$ 。再考虑BD和CD段，得到另外两个A的近似位置，最后用三角形的质心算法得到A精确的近似位置。计算公式如下

$$x_i = \frac{(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}) * x_1 + (\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3}) * x_2 + (\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_3}) * x_3}{2 * (\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3})}$$

$$y_i = \frac{(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}) * y_1 + (\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3}) * y_2 + (\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_3}) * y_3}{2 * (\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3})} \quad (5)$$

其中， $(x_i, y_i)$ 就是未知节点的近似坐标，d1、d2和d3是未知节点和与已知节点的距离。

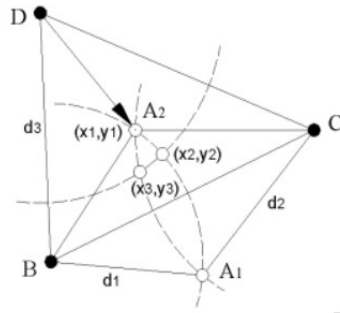


图3 加权质心定位算法示意图



2.2.4 实验步骤

- 1. 在 AP 附近选取一些位置测量固定 SSID 的 AP 的信号强度
- 2. 获取路由器的发射功率或测量参数 A 的值
- 3. 通过测量的几组RSSI值转化成距离
- 4. 通过距离，采用定位算法计算 AP 位置

2.2.5 实验记录

- 1. 选取自家的路由器作为 AP 测量其信号强度，其 SSID 为 MERCURY\_76DA。在电脑连接 WiFi 和 WirelessMon 显示如图 4 所示。



图 4 电脑连接 WiFi（左）和 WirelessMon 显示（右）示意图

- 2. 在自家客厅，卧室，厨房和路由器所在房间内分别选取 4 个节点测量 WiFi 信号强度，如图 5 所示。

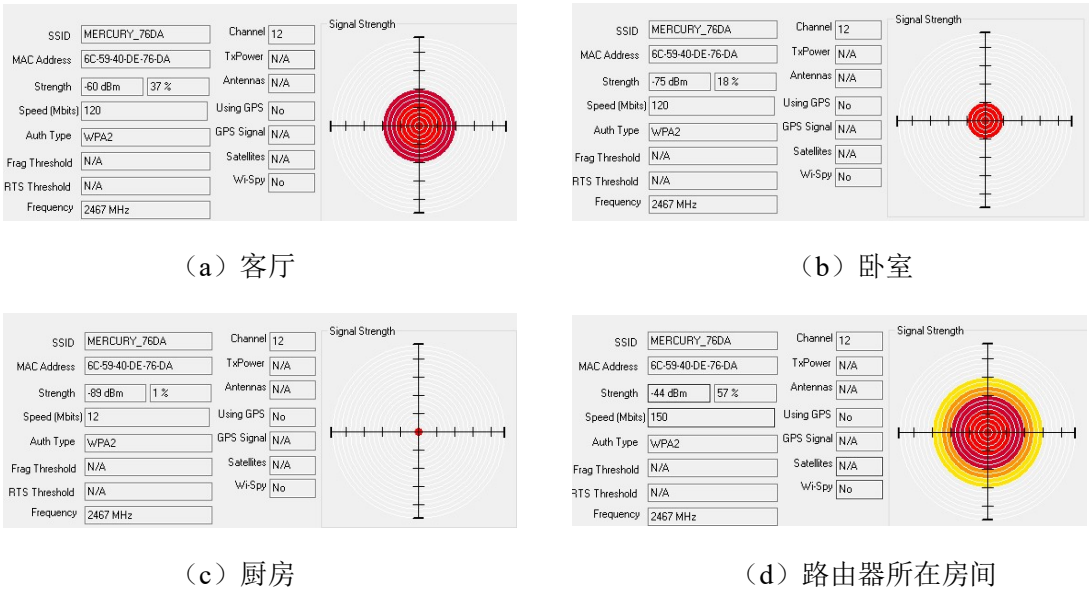


图 5 各个节点所测信号强度示意图

根据所测得的不同地点的信号强度，将其归纳如表格 1 的数据

表格 1 各节点所测的 AP 信号强度数据汇总表

地点	信号强度 (dBm)
客厅	-60
卧室	-75
厨房	-89
路由器所在房间	-44

3. 根据文献[2]和实际实验验证，在距离 AP 约 1 米左右的信号强度约为-40dBm，即取公式（4）中 $A = 40$ .
4. 绘制节点分布图，根据自家的房间结构，绘制简易的模型图如图 6 所示。



图 6 测量节点与 AP 实际节点分布示意图

2.2.6 实验分析

1. 根据公式（3）或公式（4），将表格 1 的RSSI值计算出距离值，如表格 2 所示。

表格 2 通过RSSI值计算有（无）修正因子时的距离值

地点	信号强度 (dBm)	距 AP 节点距离 (无修正)	距 AP 节点距离 (有修正)
客厅	-60	3.72 米	1.70 米
卧室	-75	5.18 米	4.57 米
厨房	-89	25.19 米	12.27 米
路由器所在房间	-44	1.30 米	0.59 米

2. 根据无修正因子与有修正因子的对比计算，发现无修正因子更符合实际距离，有修正因子计算的距离普遍偏小。因此取无修正因子的计算结果为实验距离。



3. 生成实验最终节点数据表，如表 3 所示。

表格 3 实验最终节点数据表

地点	节点	距 AP 节点距离
客厅	A	3.72 米
卧室	B	5.18 米
厨房	C	25.19 米
路由器所在房间	D	1.30 米
AP 节点	E	0 米

4. 根据加权质心定位算法结合图 7 求解出 AP 节点的位置即可。



图 7 节点计算距离分布图

### 2.2.7 实验总结

通过本次实验，将理论与实践相结合，将 WiFi 定位技术应用到生活中，加深了对该技术的了解，同时也增强了自己的动手操作能力与文献查阅能力，对未来自己的研究有着长远的帮助。

### 2.2.8 参考文献

- [1]董莹莹. WiFi 网络下的三维空间定位技术研究[D].北京邮电大学,2013.  
[2]张利. 基于 WiFi 技术的定位系统的设计与实现[D].北京邮电大学,2010.

[3]Bahl P, Padmanabhan V N. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system[C]. Proceeding of the IEEE INFOCOM, 2000. New York: IEEE Computer and Communications Society , 2000:775-784.

[4]汪凌.RSSI 加权质心定位算法[J].福建电脑,2019,35(06):73-74.

[5]朱光. 改进 RSSI 加权质心算法在井下人员定位中的应用研究.中国业,2018,27(12):198-201