Direction of arrival estimation is an active field in array signal processing. It has broad application value in the fields of communication [1-3,7], radar [4-7], exploration [8] and navigation[9-10]. However, most of the researchers innovated the DOA estimation algorithms, and most of these algorithms were verified on the simulation platform. As we all know, the experimental results of the simulation platform deviate from the results in engineering applications [11-12]. This article focuses on the engineering application of DOA estimation, using a KerberosSDR device and four omnidirectional antennas as a signal receiver, and using a Raspberry Pi as a data processor to implement a system with a simple structure and reliable DOA estimation performance.

KerberosSDR is a new 4-input Coherent RTL-SDR. RTL-SDR is a very cheap software-defined radio receiver. Each RTL-SDR is composed of an RTL2832U chip and an R820T tuner. It can receive radio frequency signals from 25MHz to 1.75GHz in space and convert it to baseband. Finally, the digital 8-bit sampling signal is output from the USB port. There is a noise source module inside KerberosSDR, which can realize the sampling time synchronization and phase synchronization of the four signal receiving channels. The four signal receiving channels share a clock source, and the four digital signals communicate with the Raspberry Pi through a USB HUB. Run the signal processing algorithm on the Raspberry Pi and display the DOA estimation result and signal strength in real time through the web page.

The communication frequency between the UAV and the remote control in this experiment is 2.400- 2.4835 GHz, which is not in the RTL-SDR receiving frequency range, Therefore, a small FM transceiver is fixed on the UAV as a signal source, The transmission frequency of the FM transceiver is 446.0063MHz. The UAV equipped with a FM transceiver hovers in the air, so as to ensure that the signal sent by the FM transceiver is not blocked by obstacles, Use this signal source to verify the DOA estimation accuracy of the system.

到达方向估计是阵列信号处理中的一个活跃领域。 它在通信，雷达，探测和导航领域具有广泛的应用价值。许多研究人员在DOA估计算法的基础上进行了创新，并且大多数算法都在仿真平台上进行了验证。 众所周知，仿真平台的实验结果与工程应用中的结果有出入。 我们拿到的文章重点介绍DOA估计的工程应用，它使用KerberosSDR设备和四个全向天线作为信号接收器，并使用树莓派作为数据处理器来实现具有简单结构和可靠DOA估计性能的系统。

KerberosSDR是新的4输入相干RTL-SDR。 RTL-SDR是一种非常便宜的软件定义无线电接收器。每个RTL-SDR由一个RTL2832U芯片和一个R820T调谐器组成。它可以接收空间从25MHz到1.7​​5GHz的射频信号并将其转换为基带。最后，从USB端口输出8位数字采样信号。 KerberosSDR内部有一个噪声源模块，可以实现四个信号接收通道的采样时间同步和相位同步。

四个信号接收通道共享一个时钟源，四个数字信号通过USB HUB与Raspberry Pi通信。在Raspberry Pi上运行信号处理算法，并通过网页实时显示DOA估计结果和信号强度。

吴老师给我们的论文中对于doa算法提出了更高的要求，论文中使用了动态的信号源。在论文中，无人机与遥控器之间的通信频率为2.400- 2.4835 GHz，不在RTL-SDR接收频率范围内，因此，小型FM收发器固定在无人机上作为信号源，传输频率FM收发器的频率为446.0063MHz。装有FM收发器的UAV在空中徘徊，以确保FM收发器发送的信号不会被障碍物阻挡。论文中使用此信号源来验证系统的DOA估计准确性。

在本次实验中，我们也对于移动信号源的探测过程进行了一定的尝试，但是效果不佳，我们会在文章中细致讨论我们遇到的问题。在实验中我们进行了两轮的技术论证，第一轮技术论证是选择信号源相关的论证部分，而第二部分是我们选择实验测量点的技术论证。经过两轮的技术论证，我们最终选择了采用探测固定信号源的实验方式，对于选址也有了一定的考虑。

这个是我们通过现有的工具也就是一个网站得到的结果，实验得到的结果总的来说还是比较不错的，但是数据上还不是很精确，于是我们选择了另一个技术路线的实验过程来进行双重验证

实验中我们选择了两种信号源，一种是老师给我们的能够切换频率的信号源，另一种是学校内的固定信号源，也就是通信基站，在这里我们尝试选择了不同代际的通信频率来进行探测，从公开的资料中我们可以查找到运营商所使用的通信频率。

我们选择的实验地点是松和体育场，这里距离基站信号源距离比较适中，场地也足够开阔，多径效应比较弱。因为信号源需要电源供电，在开阔的场地中无法满足电源条件，所以我们选择在相对开阔的羽毛球场中进行切换频率信号源探测实验。

在实验中我们也是克服了比较多的困难，其中一个比较主要的困难就是选址问题，我们一开始选择了操场中心作为实验地点，但是信号的探测效果并不是太好，我们认为可能是高温环境对于机器性能造成了一定的影响，之后我们选择了体育场看台作为实验场地，但是探测效果也比较差，后面我们分析可能是因为看台阶梯结构导致的干扰较大。总的来说我们做了很多次相关的选址工作，做了一些筛选，最后选择了我们实验中的测位点。

这次实验中我们所得到的主要收获有下面几点，首先是编程能力，编程能力在我们专业课程的学习中至关只要，本次实验中，我们的算法与编程部分主要分为自研部分和开源部分两个。比较重要的music算法在网站上有比较成熟的开源算法，我们只需要进行适当的修改就可以应用于我们的实验当中。我们算法的自研部分主要集中在数据处理阶段，实验中我们也有成品的程序能够完成实验，但是我们发现我们得到的数据总的来说还是质量不高，实验结论可能也不够精确。因此我们选择了采用数据进行处理的方式来完成实验。

其次是实验能力，这主要包括实验中统筹协调的能力与实验路线的选择能力。在实验中我们对于调配实验资源，统筹安排实验时间，实验选址上进行了一些协调与安排，对于安排实验的能力有了一定的提升。与此同时，这是我们大学阶段少数能够实现软件与硬件相结合完成实验的宝贵经历，实验中我们既需要采用硬件实体测量数据，又需要使用计算机工具来进行数据收集与处理，在实验中我们也接触了新的实验工具，对于我们的实验能力锻炼是十分少有的宝贵机会。

之后是小组合作能力，实验的顺利进行与圆满完成离不开小组内与小组间的合作，在实验中，我们在实验方向与技术路线上既有共识也有分歧，当我们在实验中出现分歧的时候，我们通过协商解决了分歧，最终推动实验正确完成。在进行信号探测实验的时候，我们通过小组间的合作既保证了实验质量又提高了实验速度。虽然我们两个小组间进行了合作，但是数据测量与数据处理过程都是独立完成的，两组间实验的技术路线也有所不同。

最终是利用工具与阅读文献能力，在实验整个过程中，我们阅读了一定量的文献，对于实验相关的理论知识也有了一定的掌握。在进行具体实验前，对于不同的doa估计算法进行了一定的仿真。在实验中，我们通过借助工具简化了实验过程，提高了实验效率，使我们的实验完成的质量更高了。

除了实验中的收获，我们在具体实验完成的过程中还存在一定的不足，实验中，我们使用kerborsSDR这个系统，能够大概复现出基站位置。但是由于器材可能存在一定问题，内部噪声源无法打开，导致设备无法进行相同步。实验场地并不是理想场地，所以受到一些干扰，可能产生一些偏差。实验场所温度不是很理想，造成实验设备温度较高，会影响一部分实验性能。总的来说实验质量还是不低的，部分误差影响保持在可控范围内。