课程重点

课程重点介绍空中交通管制系统的设计理念。学生分组了解雷达原理以及如何组织工程设备为空管员提 供数据使飞机之间保持一定的安全距离，同时高效地按计划降落和起飞。学生分组评估虚拟空中交通系 统生成的数据并制定一个计划使三架飞机安全通过特定空域范围。然后为当前系统提供设计方面的改进 建议。

课程概要

“设计空中交通”课程介绍了雷达和空中交通管制系统的设计及其原理。学生可探讨如何应用雷达和计 算机技术有效地为空管员提供关键数据。学生组成工程设计小组，评估现有的空中交通管制(ATC)系 统，模拟扮演空管员角色，然后制定指导准则来改进雷达和空管员之间的设计接口。

年龄段

11 - 18.

目标

了解雷达。
了解空中交通管制技术。
了解系统设计。
了解团队协作以及分组工作。

预期的学习成果

通过这次活动，学生应了解：

雷达和空中交通管制技术
如何解决问题
团队协作

课程活动

学生了解雷达和空中交通管制系统的设计及其原理是如何影响飞行的。学生分组探讨和使用雷达和计算 机技术评估现有的ATC系统，模拟扮演空管员角色，然后制定指导准则来改进雷达和空管员之间设计接 口。

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

资源 / 材料

教师资源文档（附）
学生作业单（附）
学生资源表（附）

符合美国教学大纲

请参见随附的教学大纲表。

因特网上相关信息链接

- TryEngineering (www.tryengineering.org)
- Air Traffic Simulator (www.atcsim.nasa.gov/)
- NASA Future Flight Design (https://www.nasa.gov/audience/foreducators/5-8/features/F_Future_Flight_Design.html)
- Air Traffic Control System Command Center (www.fly.faa.gov/flyfaa/usmap.jsp)
- Listen to live air traffic controllers (www.liveatc.net/topfeeds.php)
- International Civil Aviation Organization (www.icao.int)

推荐读物

- ntals of Air Traffic Control（《空中交通管制基本原理》）(ISBN: 0534393888)
- Simulation (Wiley Series in Systems Engineering and Management)（《组织模拟（Wiley 系统设计和管理系列）》）(ISBN: 0471681636)

课外作业

对于高中的高级学员，可考虑使用 Microsoft Flight Simulator 软件 www.microsoft.com/en-us/p/avion-flight-simulator-2015/9nblggh1p8lq#activetab=pivot:overviewtab。

可选的写作活动

写一篇关于你如何看待空中交通管制技术设计方面的发展对全球经济影响的短文或一段话。请考虑让更多人和物得到更高效地运输。

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

教师适用：
符合美国教学大纲

注：此系列的所有课程计划都符合美国国家研究委员会制订并由美国国家科学教师协会认可的美国国家科学教育标准，还符合国际科技教育协会相关的技术素养标准或美国国家数学教师委员会的学校数学的原则和标准。

学校数学的原则和标准

数字和运算标准 通过这些活动，所有学生应：
- 理解数字、数字的表示方式、数字间的关系和记数系统。
- 可熟练计算并做出合理估计。

关联标准 通过这些活动，所有学生应：
- 理解数学概念如何相互关联并基于此关系形成协调的整体。
- 在数学以外的环境中认识和应用数学。

美国国家科学教育标准 **5** 年级到 **8** 年级（**10 - 14** 岁）

内容标准 **A**：科学探索 通过这些活动，所有学生应培养
- 进行科学探究的必要能力
- 对科学探索的了解

内容标准 **B**：物理科学 通过这些活动，所有学生应了解
- 运动和力

内容标准 **E**：科学和技术
通过这些活动，**5** 年级到 **8** 年级的所有学生都应培养
- 技术设计的能力
- 对科学和技术的了解

内容标准 **F**：人文社会科学 通过这些活动，所有学生应了解
- 社会科学和技术

 © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

教师适用：
符合美国教学大纲（续）

美国国家科学教育标准 **9** 年级到 **12** 年级（**14 - 18** 岁）

内容标准 **A**：科学探索 通过这些活动，所有学生应培养
进行科学探究的必要能力
对科学探索的了解 内容
标准 **E**：科学和技术 通过这些活动，所有学生应培养
技术设计的能力
对科学和技术的了解 内容标准 **F**：人文社会科学 通过这些活动，所有学生应了解
当地、本国和全球面临的科学技术挑战

技术素养标准 – 所有年龄

技术的本质
标准 1：学生将了解技术的特性和范围。
标准 2：学生将了解技术的核心概念。
标准 3：学生将了解不同技术之间的关系以及技术与其它研究领域之间的联系。
技术和社会
标准 4：学生将了解技术对文化、社会、经济和政治的影响。
标准 6：学生将了解社会在技术发展和应用中扮演的角色。
设计
标准 9：学生将了解工程设计。
标准 10：学生将了解故障排除、研究开发、发明创新和实验在解决问题过程中的角色。
技术方面的能力
标准 12：学生将培养使用和维护科技产品及系统的能力。
标准 13：学生将培养评估产品和系统影响的能力。
已设计好的领域
标准 17：学生将了解并能够选择和使用信息与通信技术。
标准 18：学生将了解并能够选择和使用运输技术。

www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

教师适用：
教师资源

课程目的

“设计空中交通”课程介绍了雷达和空中交通管制系统的设计及其原理。学生可探讨如何应用雷达和计 算机技术有效地为空管员提供关键数据。学生组成工程设计小组，评估现有的空中交通管制 (ATC) 系 统，模拟扮演空管员角色，然后制定指导准则来改进雷达和空管员之间的设计接口。

课程目标

了解雷达。
了解空中交通管制技术。
了解系统设计。
学习团队协作。

材料

学生资源表
学生作业单
互联网或计算机连接（PC 或 Mac；建议使用最新 版本的浏览器）

步骤

1. 向学生展示不同的学生参考表。可以在课堂上当场阅读，或者在头天晚上作为家庭作业发给学生阅读。以 2 - 3 个学生为一组进行分组，这些小组 将作为“工程设计小组”。
2. 现在学生了解了空管员使用的工程学原理和技术，他们将以小组形式模拟负责美国第 33 区的空中交通管制任务。学生将使用美国航空航天局 (NASA) 的模拟程序 (www.atcsim.nasa.gov) 规划路线和/或速度变更，让三架飞机以 3 海里的间隔顺序抵达加利福尼亚州的莫德斯托 (MOD)。另外，时间非常重要，所以最后一架飞机必须尽快到达，而且这三架飞机间的相隔距离 不能少于 2 海里。
3. 学生要共同制定计划以解决飞机的飞行路线和速度问题。
4. 接着，学生小组需要执行计划并在模拟器上进行试验。每个小组需要进行四次尝试并记录最快的 解决问题速度。
5. 每个学生小组都要对自己的结果进行评估，然后与其他工程设计小组共同找出目前雷达和人之间 的接口的可改进方面。例如，学生可考虑选择哪架飞机首先降落的标准。他们是建议选择乘客人数最多的飞机、剩余燃油最少的飞机还是乘客大多需要赶时间转机的飞机？
6. 然后各小组填写一份评估/反馈表，并向全班介绍他们的 ATC 改进计划。

所需时间

两到三次 45 分钟课程

问题解决策略 在“设计空中交通”课程中，学生使用可提供关于空速、天气状况和可用路线信息的虚拟雷达系统。各 小组必须进行比例推理做出决策并解决三架飞机的实际空中交通管制问题中的冲突。每个问题的困难之处在于在给定的飞行路线交叉点下以正确的间隔安全地“排列”这些飞机 - 且他们必须在最短的时间内 完成。然后工程设计小组也要根据他们对于目前设计系统的使用经验提出改进系统的建议措施以提高 ATC 安全性和效率。在提出当前系统的改进措施时须考虑经济和安全问题。

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

学生资源：

空中交通管制系统技术

ACT 说明

空中交通管制 (ATC) 是由指挥地面上和空中的飞机的地 面空管员所提供的服务。空管员的主要任务是分隔某些飞 机 - 通过横向、纵向和水平分隔以防止它们相互之间过于 靠近。次要任务包括保证空中交通有序和快速地进行并为
飞行员提供信息，例如天气、导航信息和NOTAM（航空通告）。

技术至关重要 虽然有些空中交通扔采用目视管理，但空中交通管制系统 已应用了很多技术。一次和二次雷达用于在空管员的分配
空域内加强空管员的“情景认知”，因为所有类型的飞行器都会在雷达于其表面上反射时在空管员的屏 幕上显示不同大小的回波信号，而配备有应答器的飞行器会通过提供ID、高度和/或唯一的呼号来回应
二次雷达询问。某些天气类型也会在雷达屏幕上留下信息。将这些信息与来自其他雷达的数据进行关联 后即可确定空中情况。在雷达航迹上会完成一些基本的处理工作，例如计算地速和磁航向。与电子飞行 图的其他相关信息也会通过现代操作显示系统提供给空管员。

雷达的工作原理 雷达是一个目标检测系统，采用电磁波确定移动和固定 的目标的范围、高度、方向或速度，如飞机、船舶、机 动车、天气预报和地形。一台发射器发出无线电波，经 目标反射后由接收机进行检测，接收器与发射器通常位 于同一位置。虽然返回的无线电信号通常很弱，但无线 电信号很容易被放大。在很多情况下都会使用雷达，包 括对于降水的气象学检测、空中交通管制、警察测速以 及军事用途。“雷达”这个词是于 1941 年作为无线电 探测和测距的缩略词而杜撰出来的。这个源自美语的缩 略词代替了之前使用的英式缩写 RDF（代表无线电定 向仪）。

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

学生资源：
空中交通管制系统技术（续）

测量距离 测量到一个物体的距离的一种方式是发射短波无线电信号（电磁辐射），然后测量其反射返回所需的时 间。此距离是信号往返时间（因为信号必须先到达目标然后再返回到接收器）和速度乘积的一半。因为 无线电波是以光速（每秒 186,000 英里或每秒 300,000,000 米）传播，所以要准确地测量距离则须 用到高性能电子设备。另一种用雷达测量距离的方式是基于频率调制。即使是使用陈旧的电子设备，通 过比较两个信号间的频率测量距离也比通过测定信号传播时间的准确度要高。通过改变返回信号的频率 并将其与原始信号相比较，即可轻松测量二者之间的差异。此技术可用于连续波雷达，经常用于飞机雷 达高度计。

全球雷达覆盖 因为空中交通中心控制很大一片空域，所以它们一般采用远 距离雷达，能够在雷达天线 200 海里（370 公里）范围内 看到飞机。在美国的系统中，在更高海拔下有超过 90% 的 美国空域被雷达覆盖，且通常是多个雷达系统。空中交通中 心可能需要多个雷达系统才能覆盖分配给他们的空域。这导 致空管员需要处理大量数据。为了解决此问题，我们设计了 自动化系统为空管员整合雷达数据。数据整合包括消除重复 的雷达回波，保证有最适合于各个地理区域的雷达提供数据 并且以有效的格式显示数据。有些空中导航服务提供商（例 如澳大利亚空管局、阿拉斯加空管中心等）将广播式自动相 关监视 (ADS-B) 作为其中一种监控功能。这种新技术反向利用了雷达的概念。ADS 不再通过用雷达询问应答机来“寻找”目标，而是通过在一秒内多次发送飞机 的位置信号。ADS 也有其他模式，例如“合约”模式，即飞机以预定时间间隔报告位置。这非常重要， 因为这可在无法安装地面雷达系统设施的地方使用（例如水面上）。计算机化的雷达显示屏现在可接受并显示 ADS 输入信息。随着这种技术的发展，海洋 ATC 程序将会进行现代化革新以利用此技术提供的优势。

全球考虑

全球空中交通管理 (GATM) 是一个关于卫星通信、导航、监视和空中交通管理的概念。美国联邦航空委 员会和联合国的特别机构国际民航组织已经制定了 GATM 标准，用以保证在日益拥挤的全球空域中空中 旅行能安全有效地进行。全世界都在努力实施新技术以便 GATM 能够高效地帮助空管员完成工作。澳大 利亚空管局的 ADS-B 计划是该领域中主要的实施项目之一。

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

学生作业单：将雷达用于 ATC

你们是一组工程设计师，任务是评估目前空中交通管制 (ATC) 技术 - 通过自己使用此技术并提出能让 ATC 更加安全高效的设计改进建议。

准备阶段

1. 查看各种学生参考表。

研究阶段

1. 现在你们小组了解了空管员使用的工程学原理 和技术，你们将以小组形式模拟负责美国第 33 空域的空中交通管制任务，使用 www.atcsim.nasa.gov 上提供的美国航空航 天局 (NASA) 模拟程序规划路线和/或速度变 更，让三架飞机以 3 海里的间隔顺序抵达加利 福尼亚州的莫德斯托 (MOD)。另外，时间非常重要，所以最后一架飞机必须尽快到达，而且这三架飞机间的相隔距离不能少于 2 海里。
2. 小组要共同制定计划以解决飞机的飞行路线和 速度问题。

模拟器阶段

1. 现在执行你们的计划并在模拟器上进行试验。你们小组需要进行四次尝试并在下面的表格中记录最快 的解决问题速度：

	所需时间	策略	观察
尝试 1			
尝试 2			
尝试 3			
尝试 4			

评估/建议阶段

1. 接下来评估自己小组的结果并讨论你们的“工程设计小组”对目前的雷达和人之间的接口有哪些改进 建议。或许你们认为需要额外的信息才能决定哪架飞机减速或加速，或者软件工程师需要其他工具才 能编写让 ATC 功能更加安全或高效的程序。例如，飞机中的剩余燃油量信息对于你们的决策有帮助 吗？
2. 填写一份评估/反馈表，并向全班介绍你们的 ATC 改进计划。

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

学生作业单：将雷达用于 ATC

用此作业单评估自己小组在“设计空中交通”课程中的结果：

1. 你们小组解决空中交通管制问题的最快速度是多少？这与班级内其他小组相比如何？

2. 你们小组认为工程师应对雷达接口做出哪些改进？你们认为这些设计改进可解决哪些问题？请在下面的表格中填写：

现有系统中所发现的问题	建议的设计改进
1.	
2.	
3.	

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

学生作业单：评估（续）

3. 计算和数据系统中使用的软硬件通常需要重新设计。请列出过去几年内教室或学校中的设备更改的几个例子。你认为工程师通过新设计试图解决哪些问题？

4. 分组讨论如果没有任何辅助技术和工程，空中旅行会是怎样？描述横穿自己国家的旅行会有哪些变化，从时间、费用和舒适度这三方面进行阐述。

5.空中交通还能以何种方式进行管制？ 请考虑使用全球定位系统、简单的目视控制和其他方法。你认 为哪个系统或当前系统的哪种组合最安全？

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.