**《NB-IoT技术与应用》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | NB-IoT技术与应用 | | | |
| **英文** | | NB-IoT Technology and Its Application | | | |
| **课程代码** | A312163 | | **开课学院/系** | 电气信息工程学院/信息工程系 | **制定/修订**  **时间** | **2023.09** |
| **课程类别** | 专业基础 | | **学分** | 2 | **学时** | 32 |
| **适用专业** | 通信工程专业、物联网工程专业 | | | | | |
| **先修课程** | 通信原理、移动通信 | | | | | |
| **选用教材** | NB-IoT从原理到实践 吴细刚 电子工业出版社 | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学32学时 | | | | | |
| **撰写人** | 贾子彦 | **审定人** | | 王永星 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《NB-IoT技术与应用》是通信工程专业和物联网工程专业的专业选修课，本课程包含NB-IoT技术的基本概念和基本原理，以及其在物联网等领域的应用。通过本课程的学习，使学生掌握NB-IoT的基本原理、技术特点、网络架构、应用场景以及开发流程，同时对移动通信的基本理论、基本技术和组网原理等有更为深入的理解和认识，从而为今后从事移动通信系统的技术开发、维护、设计等方面的工作打下坚实的基础。

**二、课程目标**

课程目标1：能够掌握NB-IoT系统及其相关技术的基本概念、基本原理和设计思路，具有运用NB-IoT基本理论知识对相关移动通信系统设计过程中涉及到的解决方案进行比较和综合的能力。

课程目标2：能够针对现代物联网、移动互联网等系统的发展需求，基于NB-IoT系统的特征、基本技术和基本原理，通过文献研究和分析，具有对相关系统涉及的复杂工程问题的研究路线和实验方案进行分析和设计的能力。

**三、课程教学内容**

内容1：NB-IoT概述

1．基本内容：介绍NB-IoT（Narrowband Internet of Things）的定义和背景；解释NB-IoT与其他通信技术（如LTE、LoRa等）的区别和优势；探讨NB-IoT在物联网应用中的作用和重要性。

2. 重点：理解NB-IoT的核心概念，包括窄带、低功耗、广覆盖等特点；分析NB-IoT与传统通信技术相比的优势，尤其是在大规模连接和低功耗设备方面的优势

3. 难点：分析NB-IoT在不同应用场景下的适用性和局限性。

4. 知识目标：熟悉NB-IoT的基本概念和架构；掌握NB-IoT与其他物联网通信技术的比较。

5. 能力目标：能够评估在特定场景中选择NB-IoT的合理性；具备解决NB-IoT应用中可能出现的问题和挑战的能力

内容2：NB-IoT的四大特性

1．基本内容：介绍NB-IoT的四大特性，强调其优越性。

2. 重点：突出强覆盖特性在复杂环境中的应用，例如城市中的深层室内或远离基站的区域；分析低功耗设计在物联网设备长寿命和远程难以更换电池的应用中的价值；探讨低成本和大连接对于大规模NB-IoT应用的可持续性和普及的关键性。

3. 难点：解析强覆盖如何在不同信号强度和传播条件下实现，以及可能遇到的限制；讨论低功耗设计在保证通信质量的前提下，如何降低设备功耗的挑战；分析在保持低成本和大连接的同时，如何确保NB-IoT网络的稳定性和性能。

4. 知识目标：理解NB-IoT的四大特性的定义和基本原理。

5. 能力目标：能够综合考虑强覆盖、低功耗、低成本和大连接的因素，设计和优化NB-IoT应用；具备在实际应用中解决相关特性带来的复杂问题的能力。

内容3：NB-IoT物理信道

1．基本内容：理解NB-IoT工作带宽的概念和选择对系统性能的影响；掌握NB-IoT部署方式的分类及其在网络覆盖和连接密度方面的作用；了解NB-IoT物理层结构，包括物理信道、传输信道和调制解调的基本原理。

2．重点：着重于NB-IoT下行主同步信号、下行辅同步信号、下行参考信号的作用和传输机制；强调NB-IoT下行广播信道、下行控制信道、下行共享信道的关键角色和在系统优化中的地位；突出上行随机接入信道、上行共享信道、上行参考信号在设备上行通信和资源管理中的重要性。

3. 难点：不同部署方式对NB-IoT网络干扰和资源利用率的复杂影响；物理信道的技术细节，包括调制解调、信道编码等，解决在复杂多路径传播环境下的干扰问题。

4. 知识目标：掌握NB-IoT工作带宽选择的原则和与系统性能的关联；了解NB-IoT部署方式对网络性能和设备连接的影响；理解NB-IoT物理层结构中各个组成部分的功能和相互关系；熟悉NB-IoT物理信道中各个元素的作用和传输机制。

5. 能力目标：具备分析和解决物理信道相关问题的能力，包括在高密度设备通信场景下的资源管理和干扰问题；能够评估不同部署方式在特定环境下的优劣势，制定合理的网络部署策略。

内容4：NB-IoT关键技术

1．基本内容：理解NB-IoT网络架构，包括设备、基站和核心网络的关系和功能；了解NB-IoT关键信令流程，涵盖设备注册、连接建立和释放等重要过程；掌握小区选择与重选机制，以及其在设备移动和网络优化中的作用；理解系统消息调度的原理，包括系统信息广播和传输的机制。

2．重点：网络如何寻找并与设备建立连接；设备如何发起连接请求和网络如何处理接入请求；如何确保在不同信号环境和设备距离下的通信质量；数据传输中的错误检测和重传机制。

3. 难点：NB-IoT网络架构的复杂性；如何适应不同网络配置和服务需求；设备定位和同步问题。

4. 知识目标：掌握NB-IoT网络架构的基本组成和功能；理解关键信令流程中各个阶段的作用和相互关系；了解小区选择与重选、系统消息调度、寻呼原理等关键技术的基本原理；熟悉随机接入过程、功率控制和HARQ过程在NB-IoT通信中的应用。

5. 能力目标：能够分析NB-IoT网络架构；理解系统消息调度策略；初步具备随机接入过程、功率控制和HARQ过程的问题诊断和解决能力。

内容5：NB-IoT网络规划

1．基本内容：链路预算；容量规划；参数规划；频谱规划。

2．重点：链路预算的关键参数的计算；容量规划中的网络负载分析；参数规划的优化策略；频谱规划中的频段选择原则。

3. 难点：链路预算中的传输损耗；容量规划中的设备密度和流量预测的不确定性；参数规划中的优化算法；频谱规划中可能出现的干扰和频段竞争问题。

4. 知识目标：掌握NB-IoT网络规划的基本流程和关键步骤；理解链路预算的计算方法和影响因素；了解容量规划中的网络负载分析和设备密度估算方法；熟悉参数规划中小区配置和功率控制参数的优化原则；了解频谱规划中的频段选择。

5. 能力目标：能够进行NB-IoT网络规划，包括选择合适的频段和波束赋形方案；具备进行链路预算的能力，以保障通信质量和覆盖范围；能够进行容量规划，以满足不同场景下的设备连接需求；具备参数规划的优化能力，以提高系统性能和效率。能够进行频谱规划，以降低干扰、提高系统容量和覆盖范围。

**四、教学内容、教学方式与课程目标的支撑关系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **教学内容** | **教学方式** | | |
| **线下教学** | **混合教学** | **线上教学** | |
| 课程目标1 | 内容1：NB-IoT概述  内容2：NB-IoT的四大特性  内容3：NB-IoT物理信道  内容4：NB-IoT关键技术  内容5：NB-IoT网络规划 | √ |  |  | |
| 课程目标2 | 内容2：NB-IoT的四大特性  内容3：NB-IoT物理信道  内容4：NB-IoT关键技术  内容5：NB-IoT网络规划 | √ |  |  | |

**五、课程教学方法与学时分配**

（一）教学方法

(1) 兴趣培养：引导、激励学生的学习积极性和自主性，让学生对课程有一个总体把握，多举一些生活中常见的移动通信技术的实例，使课程更生动，让学生有直观的认识，对课程学习产生兴趣。

(2) 问题导向，注重运用启发互动式教学方法：以学生为本，设计科学合理的启发互动环节，激发学生思考，让学生积极参与教学活动，成为真正意义上的主体；利用优秀的线上慕课资源，让学生带着问题积极观看，寻找答案。

(3) 采用案例法与研究法，注重引导学生掌握分析复杂工程问题及解决复杂工程问题的方法：通过线上慕课和线下课堂向学生讲解“复杂工程问题”具备的特征，如必须运用“深入的工程原理，经过分析才可能得到解决”或需要通过“建立合适的抽象模型才能解决”，给出复杂工程问题的一般解决思路，培养学生解决复杂工程问题的能力。

(4) 板书与多媒体相结合的教学方法：对于重、难点的分析推导部分采用板书形式，对于枯燥抽象的课程内容结合多媒体形式使其尽量生动化、形象化，便于学生接受和理解。

(5) 进行有效的作业练习和测试：作业是检验学生对所学知识掌握情况的有效手段，布置作业时要有量有质，加强重难点知识和能力训练；要由浅入深，引发学生思考，培养学生的分析问题和解决问题的能力；利用蓝墨云或雨课堂等教学软件，课堂上对学生所掌握知识点进行测试，让学生及时了解对所学知识点的牢固情况，根据测试反应出来的问题和不足，有助于为学生及时答疑解惑。

（二）学时分配

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **线上讲授** | **合计** |
| 内容1：NB-IoT概述 | 4 | 0 | 4 |
| 内容2：NB-IoT的四大特性 | 8 | 0 | 8 |
| 内容3：NB-IoT物理信道 | 8 | 0 | 8 |
| 内容4：NB-IoT关键技术 | 8 | 0 | 8 |
| 内容5：NB-IoT网络规划 | 4 | 0 | 4 |
| 合计 | 32 | 0 | 32 |

**六、课程考核及成绩评定方法**

本门课程采用“N+1”过程性考核的方式进行考核。

考核方式：采用过程考核（平时作业、课内测验、调研报告）和期末考试相结合的形式对学生课程成绩进行综合评定。

成绩评定：考核总成绩中，过程考核占50%（平时作业占15%、课内测验占20%、调研报告占150%），期末考试占50%。各考核环节按照附件中的评分标准进行成绩评定。

课程目标与课程考核环节的对应关系：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **考核环节** | | | | **合计** |
| **平时作业** | **课内测验** | **调研报告** | **期末考试** |
| 1 | 课程目标1 | 10% | 10% | 5% | 30% | 55% |
| 2 | 课程目标2 | 5% | 10% | 10% | 20% | 45% |
| 合计 | | 15% | 20% | 15% | 50% | 100% |

**七、课程参考书目及资源**

1.吴细刚著,NB-IoT从原理到实践. 北京：电子工业出版社.2017.

2.陈铭著，NB-IoT原理和优化. 北京：人民邮电出版社.2020.

3.戴博等著，窄带物联网（NB-IoT）标准与关键技术.北京：人民邮电出版社.2018.

4.3GPP相关协议.

**附件：评分标准**

考核环节中期末考试评分标准详见每学期 “NB-IoT试卷参考答案及评分标准”。

**一、平时作业评分标准**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 观测点 | **优秀**  **（90～100）** | **良好**  **（80～89）** | **中等**  **（70～79）** | **及格**  **（60～69）** | **不及格**  **（<60）** |
| 基本概念掌握程度 | 概念清晰，分析得当。 | 主要概念清晰，但部分分析有误。 | 部分概念清晰，分析中有明显知识漏洞。 | 基本概念不清晰。 | 基本概念未掌握。 |
| 解决问题方案正确性 | 方案能够解决问题，思路清晰，计算正确。 | 方案主要思路、过程和计算过程正确。 | 方案部分可行。 | 尚能制定方案。 | 不能制定方案。 |
| 作业完成态度 | 书写工整、清晰，符号、单位等按规范执行。 | 书写清晰，主要符号、单位等按规范执行。 | 能辨识，部分符号、单位等按规范执行。 | 不能辨识，符号、单位等不按照规范。 | 作业不完整或未交。 |

**二、课内测验评分标准**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 观测点 | **优秀**  **（90～100）** | **良好**  **（80～89）** | **中等**  **（70～79）** | **及格**  **（60～69）** | **不及格**  **（<60）** |
| 基本概念掌握程度 | 概念清晰，分析得当。 | 主要概念清晰，但部分分析有误。 | 部分概念清晰，分析中有明显知识漏洞。 | 基本概念不清晰。 | 基本概念未掌握。 |
| 解决问题方案正确性 | 方案能够解决问题，思路清晰，计算正确。 | 方案主要思路、过程和计算过程正确。 | 方案部分可行。 | 尚能制定方案。 | 不能制定方案。 |

**三、调研报告评分标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **优秀**  **（90～100）** | **良好**  **（80～89）** | **中等**  **（70～79）** | **及格**  **（60～69）** | **不及格**  **（<60）** |
| 概念准确，分析充分，逻辑完整，表达思路清晰，撰写符合规范。 | 概念较准确，分析较充分，逻辑完整，表达思路较为清晰，撰写符合规范。 | 部分概念准确，分析较充分，逻辑完整，表达思路较为清晰，撰写基本符合规范。 | 部分概念准确，分析较为充分，逻辑基本完整，表达思路尚清晰，撰写基本符合规范 | 概念不准确，分析不充分，逻辑不完整，表达思路不清晰，撰写不符合规范。 |