



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪高等院校
信息安全系列规划教材

数字水印基础教程

● 杨义先 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高等院校信息安全系列规划教材

数字水印基础教程

杨义先 编著

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

数字水印基础教程 / 杨义先编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.6
(21 世纪高等院校信息安全系列规划教材)

ISBN 978-7-115-15845-1

I. 数... II. 杨... III. 电子计算机—密码术—高等学校—教材 IV. TP309.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 020985 号

内 容 提 要

本书是严格按照“信息安全专业规范”的要求编写的一本信息安全专业本科生专业课教材。全书共分七章, 分别介绍数字水印基础知识、信息隐藏、图像水印、视频水印、语音水印、隐写检测和水印版权等。

本书内容取舍得当, 充分考虑了先进性和成熟性之间的和谐关系、广度与深度之间的互补关系、理论与应用之间的平衡关系以及教学和科研之间的促进关系。本书写作深入浅出, 尽力避免描述过多的数学推理和公式, 重点讲述关键思路和技巧。本书图文并茂, 文字流畅, 表述严谨, 包含了数字水印方面的许多国际最新进展和发展趋势。本书可作为高等院校本科生教材, 也广泛适合于从事信息处理、通信保密、计算机等领域的科研人员和工程技术人员等阅读参考。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21 世纪高等院校信息安全系列规划教材

数字水印基础教程

-
- ◆ 编 著 杨义先
责任编辑 张 鑫
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.25
字数: 438 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2007 年 6 月第 1 版
2007 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15845-1/TP

定价: 27.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

21 世纪高等院校信息安全系列规划教材

编 委 会

主 任： 方滨兴（院士）

副主任： 杨义先

编 委： 白国强 曹元大 陈 钟 戴宗坤 方 勇
 韩 臻 何大可 黄继武 贾春福 李仁发
 廖晓峰 刘乃琦 龙冬阳 聂福茂 钮心忻
 裴定一 秦玉海 秦志光 覃中平 田宝玉
 王小云 谢小尧 徐茂智 张大陆 张宏莉
 张红旗 张焕国

总 序

一、出版背景

随着计算机技术与网络通信技术以及信息产业的高速发展,接入 Internet 的个人和单位主机数量快速增长,尤其是计算机在政府、国防、金融、公安和商业等部门的广泛应用,社会对计算机的依赖越来越大,而计算机系统的安全一旦受到破坏,不仅会导致严重的社会混乱,也会带来巨大的经济损失。世界主要发达国家每年因计算机犯罪所造成的经济损失令人吃惊,远远超过了普通经济犯罪的损失。因此,确保计算机系统的安全已成为世人关注的社会问题,信息安全已成为信息科学的热点课题,信息安全专业也受到了社会各界的普遍关注。我国信息安全本科专业设置始于 2000 年,教育部首次批准开办信息安全专业。从此以后,每年都有不少高校加入了举办信息安全本科专业的行列。

我国政府对信息安全非常重视,2003 年 9 月,中央《关于加强信息安全保障工作的意见》的 27 号文件,已经把信息安全工作提升到保护公众利益和维护国家安全以及保障与促进信息化发展的高度。2004 年 1 月,国务院召开全国信息安全保障工作会议,特别强调要加强信息安全院系的建设和人才培养工作。信息安全学科专业与信息安全工作必将在中央 27 号文件精神的指引下得到健康、快速的发展。

目前信息安全方面的人才还十分稀少,尤其是政府、国防、金融、公安和商业等部门对信息安全人才的需求很大。具有有关部门统计,现在国内从事信息安全的专业人才只有 3500 人左右,并且大多分布在高校和科研院所,而按照信息化发展的状况,社会对信息安全专业的人才需求量达几十万人。要解决供需矛盾,必须加快信息安全人才的培养。人才的培养离不开教材的建设,信息安全专业急需与之教学相配套的教材。

根据教育部高教司函[2003]141 号文件的精神,教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会专家组委托北京邮电大学等五所较早举办信息安全本科专业的高等院校完成了“信息安全专业规范”(以下简称“规范”)。该规范已于 2004 年 7 月,在四川绵阳召开的“全国高校本科信息安全专业规范与发展战略研究成果发布与研讨会”上公开发布。与会老师都对信息安全专业的发展、专业规范和课程设置展开了热烈的讨论。在会议上,我们征求了大家对信息安全本科专业教材的意见。在细致研究,反复讨论的基础上,规划了与规范相配套的“21 世纪高等院校信息安全系列规划教材”。

二、教材特色

本系列教材具有以下特色。

1. 参照“信息安全专业规范”确定教材题目、组织教材书稿内容。

本系列教材的所有题目是根据“信息安全专业规范”确定的。所有教材严格按照“规范”要求，结合信息安全专业的学制、培养规格、素质结构要求、能力结构要求、知识结构要求撰写，使其所含知识点完全覆盖“规范”中的要求，确保能够达到“规范”中的学习目标。

2. 注重套书的整体策划。

由于本系列教材涉及的内容比较多，在教材内容选择时，一方面要考虑教材内容相互的衔接，另一方面要考虑许多课程相互之间有内容交叉的现象；同时，充分考虑了先进性和成熟性之间的和谐关系，确保教材既能够反映信息安全领域的前沿科研状态，又能使学生掌握基础的核心知识和较成熟稳定的技能；我们在一开始策划时就对这两个方面相当重视，多次召开编委会，审定教材的大纲，落实教材的主要知识点，避免了内容的重复。

3. 特别注意学生工程实际动手能力的培养。

根据“信息安全专业规范”的要求，本系列教材适当减少理论知识和技术知识层次的学时和要求，增加结合工程实际动手实践和专业应用技能层次的学时和要求。

4. 本系列教材的作者都是在我国信息安全领域具有丰富教学和实践经验的一流专家，部分教材已经被评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”（以下简称“国家十一五规划教材”）。

本系列教材的书名及作者如下。

21 世纪高等院校信息安全系列规划教材

编号	书 名	作者	作者单位
1	信息安全概论	徐茂智	北京大学
2	信息安全数学基础（国家十一五规划教材）	裴定一	广州大学
3	现代密码学（国家十一五规划教材）	何大可	西南交通大学
4	公钥密码学基础与应用	覃中平	武汉大学
5	安全操作系统原理与技术（国家十一五规划教材）	陈钟	北京大学
6	信息安全工程	方勇	四川大学
7	信息安全管理（国家十一五规划教材）	张红旗	解放军信息工程大学
8	信息安全标准与法律法规	秦玉海	中国刑事警察学院
9	网络攻击与防御技术（国家十一五规划教材）	张宏莉	哈尔滨工业大学
10	安全协议及其分析（国家十一五规划教材）	陈钟	北京大学
11	数字水印基础教程（国家十一五规划教材）	杨义先	北京邮电大学
12	计算机病毒原理与防范（国家十一五规划教材）	秦志光	电子科技大学
13	入侵检测技术（国家十一五规划教材）	曹元大	北京理工大学

5. 提供完善的教学服务。

为了方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供以下教学服务。

(1) 所有教材的电子教案。

(2) 部分教材的习题答案。

(3) 信息安全专业本科教学实验室建设方案与实验教学指导咨询（联系单位：“北京邮电大学信息安全中心”，联系方式：100876，北京西土城路十号北京邮电大学 126 信箱，xyyang@bupt.edu.cn）。

(4) 信息安全专业本科生实习、实训与技能认证咨询(联系单位:“北京邮电大学信息安全中心”;“四川绵阳灵创科技园”,联系方式:621000,绵阳市科创园区九州大道中段灵创科技园内灵创科技有限公司,0816-6336559(传真),6336520,xyang@bupt.edu.cn)。

本系列教材尽管经过反复讨论修改,但限于作者水平和其他条件限制,难免存在不足和值得商榷之处,敬请批评指正。

21 世纪高等院校信息安全系列规划教材编委会

2007 年 1 月

前 言

根据教育部高教司函[2003]141号文件的精神,教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会专家组委托北京邮电大学等五所较早举办信息安全本科专业的高等院校完成了“信息安全专业规范”(以下简称“规范”)。该规范已经于2004年7月,在四川绵阳灵创科技园召开的“全国高校本科信息安全专业规范与发展战略研究成果发布与研讨会”上公开发布。

“规范”从学习目标、所含知识点、学分与学分分配、课程性质(核心、选修、必修)等方面对信息安全本科专业的课程体系进行了非常仔细的描述。《数字水印基础教程》作为一门重要的专业课程被写进了“规范”,总共2学分,其中课堂教学1.5学分,课堂实验0.5学分。为了使“规范”能够得到落实,作者严格按照“规范”中对“数字水印基础教程”课程设计撰写了本教材。

与国内外同类教材相比,本教材的特点主要包括如下几点。

1. 严格按照“规范”要求,结合信息安全专业的学制、培养规格、素质结构要求、能力结构要求和知识结构要求撰写本教材,使其所含知识点完全覆盖“规范”中的要求,确保能够达到“规范”中的学习目标。
2. 在教材内容选题时,充分考虑了先进性和成熟性之间的和谐关系,确保教材既能反映当今数字水印和信息隐藏领域的前沿科研状态,又能使学生掌握基础的核心知识和较为成熟稳定的技能。
3. 教材尽力避免描述过多的数学推理和公式,重点使学生掌握相关的关键思路和技巧,培养学生能够深入进行后续研究和应用的能力。
4. 教材重视把握理论、技术和应用之间的平衡关系,使学生掌握相关基础理论、灵活运用相关技术并了解一些有代表性的应用案例。
5. 教材中的习题分为三个档次。其中,基础练习题是学生必做的作业,目的在于使学生熟练掌握一些必备基础;专业技能题可作为课内实验内容供学生分组集体攻关,既增强学生的团队协作能力,又增强学生的实际动手能力;思考题可作为相关学生的毕业设计的候选题目。总之,习题的设计特别注重培养学生发现问题和解决问题的能力,大部分习题都没有唯一的标准答案,有些思考题甚至还是当前科研领域的热点课题。
6. 教材力图在启发式教学方面做一些有益的探索。例如,有些内容在教材中仅仅是“点到为止”,但是要求学生自行查阅众多相关资料,自行归纳总结相关知识。教材中还有意留下了一些“空白”,需要学生通过相关参考文献来填补,希望此举有利于使学生获得更多的成就感,达到增强其学习兴趣的目的。
7. 尽量以模块化的方式来组织教材中的各个章节,以使教材能够适应各类学生的不同需求。

教材共分七章，分别介绍了人类听觉特点，人类视觉特点，数字水印概论，信息隐藏原理与方法，叠像术，文本信息隐藏，图像处理基础，普通图像水印，抗打印扫描图像水印，图像脆弱水印，图像鲁棒水印，视频信号处理基础，视频水印基础，基于原始视频的水印，基于视频编码的水印，基于压缩视频的水印，语音信号处理基础，语音水印基础，语音水印基本算法，鲁棒语音水印，静止图像隐写检测，图像扩频隐写检测，文本隐写检测，水印的安全性评估，数字内容版权保护基础，版权认证与盗版追踪，移动网数字内容版权保护方案，基于水印的访问控制等内容。

第1章是本课程特有的一些基础知识，特别介绍了数字水印和信息隐藏的人类生理学(听觉和视觉)原理。本章从宏观角度对数字水印的介绍，有助于学生在进入知识细节之前，整体了解课程的全貌。

第2章介绍了一些有趣的信息隐藏思路，以及若干经典且有代表性的信息隐藏方法，这些方法都比较直观形象，对了解其他章节的内容有一定的启发作用。

第3章是全教材中内容最丰富的章节之一，也是目前学术界和工业界最受关注的内容。本章中介绍的许多具体水印算法已经被广泛应用，它们都具有较强的独立性，在具体的教学过程中可以根据实际情况进行取舍。在简要介绍图像处理基础知识之后，本章分别介绍众多水印算法，包括基于图像插值的数字水印，基于DCT的数字水印和多址水印，二值图像数字水印，自适应HIS彩色图像数字水印，抗打印扫描图像水印，抗几何失真的图像水印，基于比较法的印刷水印，基于数据分类的印刷水印，完全级认证的图像水印算法，内容级认证的图像水印算法，基于数据集统计的抗增删水印，基于DCT的抗图像合并水印和抗综合几何变换的图像水印等。希望这些有代表性的水印算法能够显示水印设计思路的多样性和灵活性，并启发学生掌握水印算法设计的精髓，而不是“死记硬背”本章中的任何一种水印算法！

第4章简要介绍了相关视频信号处理和视频水印基础知识，然后结合具体的实例，详细介绍对视频水印的三个主要种类。本章对水印嵌入算法、水印提取算法和相关实验结果的描述，有助于对视频水印技术进行更深入的研究和更实际的应用。

第5章集中介绍语音水印，通过大量的具体算法介绍了适用于各种不同情况、基于不同原理和思路的语音水印。关于语音水印的隐藏方法，介绍了回声隐藏法、LSB隐藏法、相位编码方法、变换域隐藏方法、ERA方法、AERA方法和ABS方法等。还介绍了多种鲁棒性较好的实用语音水印算法以及隐写水印算法。

数字水印作为信息安全的一个分支，必然包含“攻”和“守”两个方面，为了全面了解数字水印领域的对抗情形，第6章介绍了数字水印的逆向过程，即隐写检测。针对静止图像隐写检测，介绍了若干形象直观的检测思路，如视觉检测、特征检测、相关检测、盲检测等，接着具体介绍了图像扩频水印的模型和检测分析方法。针对文本隐写检测，重点介绍了基于文本的隐写算法分类和基于语义的文本隐写检测算法。最后，从水印嵌入软件的安全环节、安全策略与级别、评估工具的软件实现、水印检测搜索系统等四个方面对水印的安全评估进行了介绍。

数字水印的重要应用是数字产品版权管理，因此，第7章着重介绍了如何将数字水印技术应用于解决各种环境下的版权管理问题。作为数字内容版权保护基础，介绍了版权保护的基本特征、原则与趋势，版权保护框架、需求分析、体系结构、关键技术、基于水印的版权保护协议。关于版权认证与盗版追踪，介绍了保护模式、作品登记、版权认证、盗版追踪等。

作为应用实例，介绍了一种移动网数字内容版权保护方案（WDRM），包括其业务协议流程等。作为水印在访问控制中的应用案例，介绍了一种基于水印的访问控制系统和一种基于水印的资源远程访问控制系统。

由于本教材是严格按照“规范”而撰写的信息安全本科专业教材，因此，对于严格按照“规范”设置课程的高等院校来说，本课程只需要放在第6或第7学期开设就行了，而不需要特别的前导课程。对于其他高校来说，只要学生掌握了必要的数字信号处理和计算机知识，就可以在教师的指导下，经过适当的取舍后开设此课程。

按照“规范”的要求，本教材的学时安排为32~36学时，其中课堂24~27学时，实验8~9学时。具体的学时安排建议见下面的课时分配表。

本书是北京邮电大学信息安全中心和北京邮电大学数字内容研究中心全体成员多年来集体智慧的结晶。本书主要由杨义先编著。第1章与白剑博士等共同完成；第2章与徐迎辉博士、夏光升博士等共同完成；第3章与杨成博士、伍宏涛博士、郭芬红硕士、杨小兵硕士、姜楠博士等共同完成；第4章与张立和博士、梁华庆博士、胡昌利硕士等共同完成；第5章与高海英博士、吴志军博士、杨伟硕士等共同完成；第6章与周继军博士、姜楠博士等共同完成；第7章与杨成博士、张立和博士等共同完成。特别感谢胡正名教授、徐国爱副教授、李中献副研究员、罗群副教授、卓新建副教授、张茹副教授、崔宝江副教授、李剑博士、谷利泽副教授、辛阳博士、李晖副教授、李新博士、张振涛博士、夏光升博士、郑康锋博士、李丽香博士、周亚建博士、杨榆博士、余翊华博士、温巧燕教授、罗守山教授、牛少彰教授，他们同心协力，率领北京邮电大学信息安全中心和北京邮电大学数字内容研究中心的三百余名研究人员在网络信息安全与数字内容研究的丰富成果是本书的营养源泉。本书也是国家“973”项目（编号G1999035804）、国家“863”项目（编号：863-306-ZT05-05-2）、国家自然科学基金项目（批准号60073049、60473016）、北京市自然科学基金项目（批准号：4042022）和国防科技保密通信重点实验室基金项目（51436060101DZ0801）的成果总结。

由于作者水平有限，书中难免出现各种错误和不当之处，欢迎大家批评指正。如果对本书有任何建议和意见，请直接与作者联系：yxyang@bupt.edu.cn。

作者

2007年1月于北京

课 时 分 配 表

周	节	教 学 内 容	实 验 内 容
一	1~2	人类听觉与视觉的特点	
二	3~4	信息隐藏原理与方法	实验一 叠像术、基于七巧板游戏的信息隐藏、基于统计知识的信息隐藏、文本替换、普通的信息隐藏
三	5~6	数字水印理论与图像处理基础	实验二 常用图像处理方法
四	7~8	普通图像水印	实验三 基于格式变化、图像插值、DCT、模数运算的数字水印, 二值图像水印
五	9~10	抗打印扫描图像水印和图像脆弱水印	实验四 实现几类有代表性的数字水印, 如抗几何失真的图像水印、印刷水印、完全级和内容级认证的图像水印
六	11~12	图像鲁棒水印和视频信号处理基础	实验五 实现几类有代表性的鲁棒水印, 如抗增删、抗合并、抗几何变换水印
七	13~14	视频水印基础和基于原始视频的水印	实验六 基于原始视频的水印嵌入和提取算法实现
八	15~16	基于视频编码的水印和基于压缩视频的水印	实验七 基于视频编码和压缩视频的水印嵌入和提取
九	17~18	语音信号处理和语音水印基础	实验八 波型编码和线性预测、同步技术
十	19~20	语音水印基本算法和 ABS 语音水印	实验九 实现几类有代表性语音水印算法, 如回声隐藏、LSB 隐藏、相位编码、变换域隐藏、ERA 方法、ABS 水印等
十一	21~22	基于 G728 和 G729 语音编码的 ABS 水印和基于 HAS 的小波包域语音水印	
十二	23~24	语音水印的应用范例、静止图像隐写检测	
十三	25~26	图像扩频隐写检测和文本隐写检测	
十四	27~28	水印的安全性评估和数字内容版权保护基础	
十五	29~30	版权认证与盗版追踪	
十六	31~32	移动网数字内容版权保护方案和基于水印的访问控制	
十七			答疑与考试

目 录

第 1 章 基础知识	1
1.1 人类听觉特点	1
1.2 人类视觉特点	7
1.3 数字水印概论	11
1.3.1 数字水印基本特征	12
1.3.2 数字水印基本模型	14
1.3.3 数字水印分类	19
1.3.4 数字水印评价	23
1.3.5 数字水印攻击	29
习题 1	33
第 2 章 信息隐藏基础	34
2.1 原理与方法	34
2.1.1 经典技巧	35
2.1.2 隐信道	37
2.1.3 现代方法	38
2.2 叠像术	44
2.2.1 Shamir 经典方法	44
2.2.2 改进型叠像术	47
2.3 文本信息隐藏	49
2.3.1 基于系统结构的文本信息隐藏	50
2.3.2 格式化电子文本信息隐藏	55
2.3.3 二值文本图像信息隐藏	61
2.3.4 自然语言文本信息隐藏	65
习题 2	73
第 3 章 图像水印	75
3.1 图像处理基础	75
3.1.1 图像的基本表示	75
3.1.2 常用图像处理方法	76
3.1.3 水印嵌入位置与工作域	80
3.2 普通图像水印	84
3.2.1 基于图像插值的数字水印	84

3.2.2	基于 DCT 的数字水印和多址水印	86
3.2.3	二值图像数字水印	88
3.2.4	自适应彩色图像数字水印	90
3.3	抗打印扫描图像水印	94
3.3.1	打印和扫描对图像的影响	94
3.3.2	基于视觉特性的图像块分类	94
3.3.3	抗几何失真的图像水印	95
3.3.4	基于比较法的印刷水印	97
3.3.5	基于数据分类的印刷水印	99
3.4	图像脆弱水印	101
3.4.1	基于图像水印的认证系统	101
3.4.2	完全级认证的图像水印算法	102
3.4.3	内容级认证的图像水印算法	102
3.5	图像鲁棒水印	103
3.5.1	水印鲁棒性的增强技术	104
3.5.2	基于数据集统计的抗增删水印	107
3.5.3	基于 DCT 的抗图像合并数字水印	108
3.5.4	抗综合几何变换的图像水印	109
习题 3	116
第 4 章	视频水印	118
4.1	视频信号处理基础	118
4.1.1	视频取样	118
4.1.2	图像量化	121
4.1.3	图像统计特性	123
4.1.4	MPEG-1 简介	124
4.1.5	MPEG-2 简介	129
4.2	数字视频水印基础	137
4.2.1	数字视频水印的性能要求与特征	137
4.2.2	数字视频水印的分类	138
4.3	基于原始视频的水印	140
4.3.1	基于原始视频的水印嵌入算法	140
4.3.2	基于原始视频的水印提取算法	141
4.3.3	水印的公钥提取	141
4.3.4	原始视频水印算法仿真与测试流程	142
4.4	基于视频编码的水印	142
4.4.1	运动速度图与嵌入位置	143
4.4.2	嵌入过程	144
4.4.3	水印的检测	145

4.5	基于压缩视频的水印	147
4.5.1	运动速度水印模型	147
4.5.2	运动速度水印的嵌入	147
4.5.3	运动速度水印的检测	149
4.5.4	DCT 系数水印	151
	习题 4	154
第 5 章	语音水印	155
5.1	语音信号处理基础	155
5.1.1	语音波形编码	155
5.1.2	语音短时特性	156
5.1.3	线性预测分析	157
5.2	语音水印基础	158
5.2.1	语音水印的数学模型	158
5.2.2	语音水印的特性	159
5.2.3	语音水印的攻击与检测	162
5.2.4	语音水印的同步	163
5.3	语音水印基本算法	165
5.3.1	语音水印的回声隐藏法	165
5.3.2	语音水印的 LSB 隐藏法	166
5.3.3	语音水印的相位编码方法	167
5.3.4	语音水印的变换域隐藏方法	168
5.3.5	语音水印的 ERA 方法	170
5.3.6	语音水印的 AERA 方法	172
5.3.7	语音水印的 ABS 方法	174
5.4	鲁棒语音水印	179
5.4.1	量化小波域自同步语音水印	179
5.4.2	MIDI 水印	181
5.4.3	非对称水印	184
5.4.4	抗 AD/DA 攻击的语音水印	185
5.4.5	MP3 水印	189
	习题 5	192
第 6 章	隐写检测	193
6.1	静止图像隐写检测	193
6.1.1	视觉检测	193
6.1.2	特征检测	194
6.1.3	相关检测	198
6.1.4	盲检测	201

6.1.5 隐写检测实例	206
6.2 图像扩频隐写检测	216
6.2.1 图像扩频隐写模型	216
6.2.2 图像扩频隐写的数学分析方法	218
6.3 文本隐写检测	220
6.3.1 基于文本的隐写算法分类	220
6.3.2 基于语义的文本检测算法	221
6.4 隐写的安全性评估	223
6.4.1 隐写水印嵌入软件的安全环节	224
6.4.2 安全策略与级别	228
6.4.3 评估工具的软件实现	228
习题 6	229
第 7 章 水印版权	232
7.1 数字内容版权保护基础	232
7.1.1 版权保护的基本特征、原则与趋势	232
7.1.2 版权保护框架	234
7.1.3 需求分析	236
7.1.4 体系结构	240
7.1.5 关键技术	244
7.1.6 基于水印的版权保护协议	247
7.2 版权认证与盗版追踪	250
7.2.1 保护模式	251
7.2.2 作品登记	253
7.2.3 版权认证	256
7.2.4 盗版追踪	258
7.3 移动网数字内容版权保护方案	262
7.3.1 移动网数字内容版权保护的需求	262
7.3.2 WDRM 解决方案	263
7.4 基于水印的访问控制	266
7.4.1 基于水印的访问控制系统	266
7.4.2 基于水印的资源远程访问控制	269
习题 7	272
参考文献	274

基础知识

数字水印是一门直接由应用推动的快速发展的新兴学科。它所涉及的理论基础和技术领域十分广泛,而且还在迅速扩展,因此,无法详尽地列出该学科所需的全部基础知识。不过,形象地说,数字水印是一门“骗人”的科学,其主要目的是如何从技术上实现超越人类感官极限的信息嵌入。听觉和视觉是人类获得信息的主要渠道,因此,研究如何“骗过”人类的听觉和视觉就成了数字水印的重点。作为数字水印的核心基础,本章首先对人类的听觉和视觉特性进行简要的介绍,然后阐述数字水印的一般原理。

1.1 人类听觉特点

1. 语音的产生过程及其声学特性

语音是由一连串的音所组成的,语音中各个音的排列由一些规则所控制,对这些规则及其含义的研究属于语言学的范畴。

人类发出声音所通过的器官主要包括肺、气管、喉(包括声带)、咽、鼻和口腔等。按照发音的功能,可将这些器官分为声道和声门两类,其中喉的部分称为声门,喉以上的部分称为声道。

产生语音的能量,来源于正常呼吸时肺部呼出的稳定气流,喉部的声带既是阀门,又是振动部件。说话时,声门处气流冲击声带产生振动,经过声道产生语音。喉部的声带为语音提供主要的激励源,由声带振动产生声音,声带是形成声音的基本声源。语音由声带振动或不经声带振动来产生,其中声带振动产生的音统称为浊音,而不由声带振动产生的音统称为清音。浊音包括所有的元音和一些辅音。

气流从喉部出来经过口腔和鼻腔向外辐射,这一传输通道称为声道。声道是一个具有某种谐振特性的腔体,输出气流的频率特性既取决于声门脉冲串的特性,又取决于声道的特性。一般可以把声道看成一段无损声管,并且这一声管的横截面积是可变的(即口腔内部大小可变,口形可变),所以声道模型中,声管是一个变截面积的声管。而声道的频率特性主要取决于声道截面的最小值出现的位置,这一位置主要由舌的位置来控制。

嘴的作用是完成声道的气流向外辐射。嘴的张开形状会影响语音频谱的形状,但是其作用与声道相比是次要的。

2. 语音信号产生的数字模型

图 1.1 所示为语音信号产生的数字模型,它分为三个部分:激励源、声道模型和辐射模型(嘴唇)。基于该模型就可以利用数字技术来模拟语音信号的产生。这种模型是一种线性系

统, 选定一组参数, 系统就可以输出所希望的语音信号。

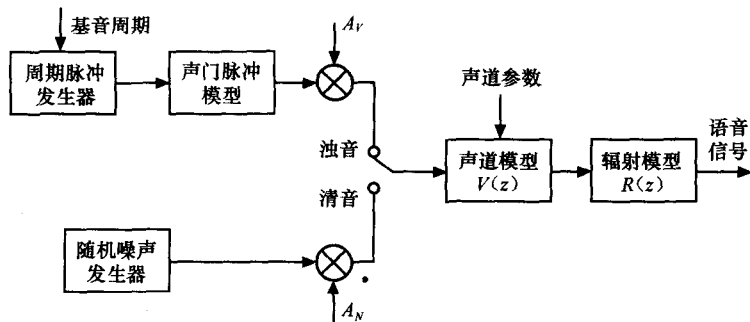


图 1.1 语音信号产生的数字模型

人类发音时, 激励源、声道和辐射模型都是随时间而改变的, 但是语音信号随时间的改变是非常缓慢的。对大多数语音信号而言, 通常认为在 $10\text{ms}\sim 20\text{ms}$ 的时间范围内是近似不变的。因此, 语音的数字模型是一个缓慢时变的线性系统, 这个系统的参数在 $10\text{ms}\sim 20\text{ms}$ 的时间范围内是近似不变的。

语音激励源分浊音和清音两个分支, 按照浊音/清音开关所处的位置来决定产生的语音是浊音还是清音。在浊音的情况下, 激励信号由一个周期脉冲发生器产生, 其周期称为基音周期。再经过一个幅度控制, 调节输出浊音的能量, 系统输出即为所要求的浊音激励。在清音的情况下, 激励信号由一个随机噪声发生器产生, 此时, 幅度控制的作用是调节清音语音信号的幅度或能量。

3. 响度、音高

(1) 响度

人耳对声音强弱的主观感觉称为响度。在物理上, 声音的响度使用客观测量单位来度量, 即 dyn/cm^2 (达因/平方厘米, 称为“声压”) 或 W/cm^2 (瓦特/平方厘米, 称为“声强”)。在心理上, 主观感觉的声音强弱使用响度级“方 (phon)”或者“宋 (sone)”来度量。这两种感知声音强弱的计量单位是完全不同的概念, 但之间又有一定的联系。

当声音弱到人的耳朵刚刚可以听见时, 此时的声音强度称为“听阈”。实验表明, 听阈是随频率变化的, 对不同的频率进行测量, 可以得到不同的“听阈/频率”曲线。

另一种极端的情况是声音强到使人耳感到疼痛。实验表明, 如果频率为 1kHz 的纯音的声强级达到 120dB 左右时, 人耳就感到疼痛, 这个阈值称为“痛阈”。对不同的频率进行测量, 可以得到不同的“痛阈/频率”曲线。

在“听阈/频率”曲线和“痛阈/频率”曲线之间的区域就是人耳的听觉范围。这个范围内的等响度级曲线可用实验测量出来, 例如, 1kHz 的 10dB 的声音和 200Hz 的 30dB 的声音, 在人耳听起来具有相同的响度。通常将人耳可感知 (听觉) 的这部分频率范围称为可闻声, 将低于 20Hz 的频段称为次声, 将高于 20kHz 的频段称为超声。

低声压级时, 各频率声音的声压级相差很大。高声压级时, 各频率的听感等响度基本相同。高频段的响度变化与声压级增量基本一致, 低频段声压级的微小变化会导致响度的较大变化。