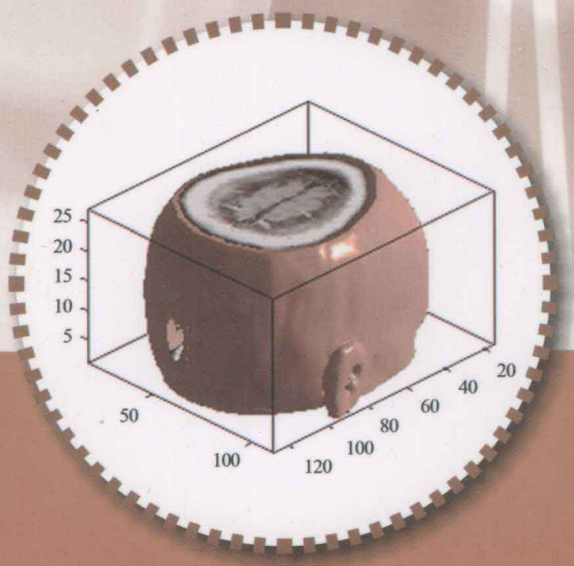
ROBUST WATERMARKING FOR
2D AND 3D MEDICAL IMAGES

二维和三维医学图像稳健数字水印技术

李京兵 杜文才 著



知识产权出版社
全国百佳图书出版单位

本书的出版得到海南大学“211 建设专项资金”的资助

二维和三维医学图像稳健数字水印技术

ROBUST WATERMARKING
FOR 2D AND 3D MEDICAL IMAGES

李京兵　杜文才　著

知识产权出版社
全国百佳图书出版单位

内容提要

数字水印是近年来信息安全领域的一门新兴学科，作为国内第一部关于二维和三维医学图像稳健（鲁棒）数字水印的专著，本书主要包括以下内容：数字水印的基础知识，数字水印常用的数学变换和人眼的视觉系统理论，二维医学图像抗几何攻击稳健数字水印算法研究，三维医学图像抗几何攻击稳健水印算法研究，并提出了一种基于互联网的稳健医学水印系统原理及指标。

全书深入浅出、算法新颖、图文并茂，详细地描述了医学图像抗几何攻击的多种水印算法的实现方式，可作为通信与信息类、计算机类、电子工程类及相关专业的本科生、研究生教材或教学参考书，也适合于从事信息安全及知识产权保护工作的学者、技术人员、管理人员及法律工作者的阅读。同时，本书还可作为安全系统、文本检索、多媒体通信、图像处理和模式识别等领域科技人员的参考资料。

责任编辑：夏　青　　**责任校对**：董志英

装帧设计：刘　伟　　**责任出版**：卢运霞

图书在版编目（CIP）数据

二维和三维医学图像稳健数字水印技术/李京兵，杜文才著. —北京：知识产权出版社，2011.12

ISBN 978-7-5130-1018-4

Ⅰ.①二… Ⅱ.①李…②杜… Ⅲ.①二维—医学摄影—数字图像—加密技术②三维—医学摄影—数字图像—加密技术 Ⅳ.①R445②TP309.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 265051 号

二维和三维医学图像稳健数字水印技术

Erwei He Sanwei Yixue Tuxiang Wenjian Shuzi Shuiyin Jishu

李京兵　杜文才　著

出版发行：知识产权出版社

社　　址：北京市海淀区马甸南村 1 号　　**邮　　编**：100088

网　　址：http://www.ipph.cn　　**邮　　箱**：bjb@cnipr.com

发行电话：010-82000860 转 8101/8102　　**传　　真**：010-82005070/82000893

责编电话：010-82000860 转 8025　　**责编邮箱**：xiaqing@cnipr.com

印　　刷：北京雁林吉兆印刷有限公司　　**经　　销**：新华书店及相关销售网点

开　　本：787mm×1092mm　1/16　　**印　　张**：14.75

版　　次：2011 年 12 月第 1 版　　**印　　次**：2011 年 12 月第 1 次印刷

字　　数：230 千字　　**定　　价**：60.00 元

ISBN 978-7-5130-1018-4/R·042（3899）

出版权专有　侵权必究

如有印装质量问题，本社负责调换。

前　言

近年来，随着计算机科学技术和多媒体通信技术的迅猛发展，推进了医疗保健系统数字化进程，特别是高分辨率的计算机X光断层扫描技术（CT）和磁共振成像技术（MRI）及先进的光学扫描仪等新技术、新设备的出现和一系列相关软件的开发，使得医学图像的效果有了质的飞跃。数字信息系统发挥着越来越重要的作用：一方面，数字化的医学信息便利了信息的存储和传输；另一方面，这些敏感的医学信息在公共网络传输时，十分容易被截获或篡改，增强医疗保健信息系统的安全性，已成为目前亟待解决的问题。现今的加密方法和访问控制已很难满足医学图像的信息安全要求，寻求新的信息安全技术措施已迫在眉睫。数字水印技术为解决这种信息安全问题提供了一种有效的手段。数字水印技术将标志性数字信息嵌入到医学图像中，其特有的鲁棒性和安全性保证了在经历信息交流过程中的数据处理后，仍能完整可靠地提取水印标志，从而起到鉴别内容真伪、保护病人个人信息等作用，在判断病情、手术设计、医患沟通和医学教学等方面具有很高的研究价值。

数字水印技术作为信息隐藏技术的一个重要分支，是目前信息安全领域的前沿课题，其研究涉及信息学、密码学、数学、计算机科学、模式识别等多种学科。数字水印技术自1993年提出以来，发展已有十多年了，各种算法层出不穷，但目前数字水印仍然是一个未成熟的领域，还有许多难题没有解决，特别是在抗几何攻击、多水印等方面还有许多瓶颈问题。本书针对这些问题，特别是抗几何攻击的医学图像水印算法提出了自己的算法，并成功申

请了八项国家发明专利，读者可在此基础上举一反三。

本书作为国内第一部关于稳健医学图像数字水印的专著，提出了基于变换域抗几何攻击的一些新算法，其内容不但涵盖了医学图像中常见的二维图像，还覆盖了更加可视化的三维体数据。这些算法将数字水印、图像特征、第三方概念和密码学有机地结合在一起，有效地解决了医学图像水印发展所遇到的一些难题。

本书共分6章。第1章作为绪论，介绍了数字水印的背景知识、发展历史及现状等，并针对医学图像的特点，介绍了目前研究的医学图像水印算法的背景知识、发展历史及现状等。第2章介绍了数字水印算法所需要的理论基础和人类视觉系统理论。第3章内容为二维医学图像水印算法研究。第4章内容为三维医学图像体数据水印算法研究。第5章提出了一种基于互联网的鲁棒医学图像水印系统原理及指标。第6章进行了医学图像水印技术的展望。附录A为数字水印常用的英汉名词对照；附录B为简写符号对照表；附录C为水印研究相关网址。

本书可以作为专业课程的指导书，也可作为课程设计和毕业设计指导书，同时还可以作为数字水印研发人员的入门参考书。

本书在编写过程中，参考了国内外出版的大量文献以及网站资料（这些资料在本书中已尽量列出，若有遗漏深表歉意），在此对本书所引用文献的作者深表感谢。

海南大学信息科学技术学院的杜文才教授，研究生董春华、张怀强等同学和日本立命馆大学智能图像研究所的陈延伟教授，段桂芳博士，韩先花博士，樵旭博士为本书出版做了大量工作和提出了很好的建议，在此表示感谢。

本书的出版得到了“211建设专项资金”、省自然科学基金［60894］、省教育厅项目的资助［Hjkj2009－03］。

由于作者水平有限，书中难免出现各种疏漏和不当之处，欢迎大家批评指正。作者联系方式：Jingbingli2008@hotmail.com。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

摘　要

本书以医学二维图像、医学三维体数据作为研究对象，从图像处理理论和水印技术的特性出发，通过统计、分析大量的实验数据，在变换域找到抗几何攻击的医学图像（包括二维和三维医学图像）特征向量，再利用医学图像的特征向量进行水印的嵌入和提取；这些基于图像特征的算法具有抗几何攻击能力，它们将图像的特征向量、密码学进行了有机结合。本书提出的水印算法在抗击几何攻击、多水印的嵌入等方面，都有一定的突破，并据此成功申请了八项国家发明专利。这些算法均是基于变换域。本书使用了全局二维和三维离散余弦变换（DCT）、离散傅里叶变换（DFT）、离散小波变换（DWT）以及它们的结合体——小波余弦变换（DWT-DCT）、小波傅里叶变换（DWT-DFT）。本书最后提出了一个新的医学水印系统模型和一套衡量实用水印系统的性能指标。创造性的工作如下：

1. 提出了四种二维医学图像的水印算法

本书共提出了四种二维医学图像水印算法，分别为基于全局 DCT 变换、DFT 变换、DWT-DFT 变换，DWT-DCT 变换。他们都是在变换域求出一个医学图像的视觉特征向量，利用该特征向量来进行水印的嵌入与提取。这些算法都是将图像的视觉特征向量、第三方概念和加密技术、零水印技术有机相结合。通过实验验证，在抗几何攻击方面，该算法的鲁棒性要优于 Adobe 公司的 photoshop6.0 中使用的商业水印软件 Digimarc，并且与以往的水印算法相比，这些算法嵌入和提取水印的速度快，并且没有嵌入容量的限制，故有较

高的实用价值，为医学水印的研究提供了一条新的途径。

2. 提出了四种三维医学体数据的水印算法

提出了四种医学体数据水印算法，分别为基于全局三维 DCT 变换、三维 DFT 变换、三维 DWT-DFT 变换，三维 DWT-DCT 变换，他们都是利用医学体数据的特征来进行水印的嵌入与提取，该算法将图像的特征、加密技术和零水印技术有机结合在一起。实验证明这些算法都具有理想的抗几何和常规攻击能力。与常规的医学体数据水印嵌入和提取算法相比，这些算法嵌入和提取水印的速度快，并且水印的提取不需原始医学图像，并且没有嵌入容量的限制，具有很强的实用性。

3. 提出一个基于互联网的鲁棒医学水印系统模型及一套衡量指标

该水印系统基于变换域，通过在变换域提取医学图像的特征以及利用互联网上的第三方概念，来实现医学图像水印的嵌入与提取。使用该模型的水印系统可以较好地解决医学水印的不可见性和鲁棒性之间的矛盾，并且可以解决医学水印的嵌入容量与水印的不可见性的矛盾和多水印的嵌入与提取等数字水印技术的难题。为了更好地描述一个基于互联网的实用的医学水印系统的性能，本书将自动控制理论中的稳、快、准的系统指标，用于医学水印系统，用来衡量一个实用医学水印系统的优劣。

总之，本书突破了传统的医学水印嵌入思想，创造性的提出了利用医学图像的特征向量来进行水印的嵌入与提取，并将特征向量、第三方概念、密码学和零水印技术有机结合成一体，较好解决了医学水印的抗几何攻击、多水印的嵌入等难题。

目　录

1　绪　论 …… 1
1.1　背景 …… 1
1.1.1　数字水印技术 …… 3
1.1.2　数字水印的历史 …… 6
1.1.3　数字水印的工作原理 …… 9
1.2　数字水印的分类 …… 11
1.3　数字水印的用途 …… 14
1.4　数字水印系统的性能指标 …… 16
1.5　数字水印的攻击类型 …… 18
1.6　数字水印算法的性能评价 …… 20
1.7　医学图像数字水印技术 …… 23
1.7.1　医学图像的特点 …… 24
1.7.2　数字水印在医学中的分类 …… 26
1.7.3　数字水印在医学中的用途 …… 27
1.7.4　二维医学图像数字水印发展概况 …… 28
1.7.5　三维医学图像数字水印发展概况 …… 36
1.8　医学水印所要研究的主要问题 …… 38
1.9　本书主要的研究工作及内容安排 …… 40
1.9.1　研究工作 …… 40

1.9.2 各章内容安排 …… 40
2 数字水印常用的数学变换和人类视觉系统理论 …… 42
2.1 傅里叶变换 …… 43
2.1.1 连续傅里叶变换 …… 43
2.1.2 离散傅里叶变换 …… 45
2.2 离散余弦变换 …… 47
2.3 小波变换 …… 50
2.3.1 从傅里叶变换到小波变换 …… 51
2.3.2 小波分析基本理论 …… 53
2.3.3 连续小波变换 …… 55
2.3.4 离散小波变换 …… 57
2.3.5 小波的多分辨分析与 Mallat 算法 …… 58
2.3.6 二维离散小波变换 …… 61
2.3.7 三维离散小波变换 …… 64
2.4 人类视觉系统理论 …… 65
2.4.1 人眼的生理结构 …… 65
2.4.2 人类视觉系统感知模型 …… 68
2.4.3 人眼的视觉特性在水印技术中的应用 …… 69
2.5 本章小结 …… 72
3 二维医学图像的水印算法研究 …… 73
3.1 引言 …… 73
3.2 基于 DCT 抗几何攻击医学图像水印算法 …… 74
3.2.1 水印的嵌入与提取算法 …… 74
3.2.2 实验结果 …… 79
3.3 基于 DFT 抗击几何攻击的医学多水印算法 …… 85
3.3.1 水印的嵌入与提取算法 …… 86
3.3.2 实验结果 …… 91
3.4 基于 DWT-DFT 医学图像的多水印算法 …… 97

3.4.1 水印的嵌入与提取算法 …… 98
3.4.2 实验结果 …… 104
3.5 基于 DWT-DCT 抗击几何攻击的多水印算法 …… 111
3.5.1 水印的嵌入与提取算法 …… 111
3.5.2 实验结果 …… 117
3.6 本章小结 …… 124
4 三维医学体数据的水印算法研究 …… 126
4.1 引言 …… 126
4.2 基于三维 DCT 抗几何攻击医学体数据水印算法 …… 127
4.2.1 水印的嵌入与提取算法 …… 127
4.2.2 实验结果 …… 133
4.3 基于 3D DFT 医学体数据的多水印算法 …… 140
4.3.1 水印的嵌入与提取算法 …… 140
4.3.2 实验结果 …… 146
4.4 基于 3D DWT-DFT 医学体数据的大水印算法 …… 153
4.4.1 水印的嵌入与提取算法 …… 154
4.4.2 实验结果 …… 161
4.5 基于 DWT-DCT 抗击几何攻击的多水印算法 …… 167
4.5.1 水印的嵌入与提取算法 …… 168
4.5.2 实验结果 …… 175
4.6 本章小结 …… 182
5 一种基于互联网的鲁棒医学水印系统原理及指标 …… 184
5.1 一种基于互联网和医学图像特征的鲁棒水印系统 …… 184
5.1.1 常规的医学水印系统模型及难以解决的问题 …… 184
5.1.2 基于互联网和医学图像特征的鲁棒水印系统模型 …… 185
5.2 一种基于互联网和医学图像特征的鲁棒水印系统的
性能指标 …… 187
5.3 本章小结 …… 188

6 结论与展望 …… 190
6.1 全书工作总结 …… 190
6.2 未来展望 …… 191
参考文献 …… 193
附录 …… 208
附录 A 数字水印常用名词英汉对照 …… 208
附录 B 简写符号对照表 …… 222
附录 C 水印研究相关网址 …… 224

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

1 绪 论

1.1 背 景

伴随全球科技日新月异的进步，我们已步入数字化信息时代，在我们的日常生活中，很多东西都已经具有了数字化的意义。特别是随着互联网的发展与普及，使得人类在互联网上可以自由的遨游，获取人们想要的东西。1996 年全球互联网用户不到 4000 万，1998 年就达到 1 亿，2000 年互联网用户超过 2 亿，到 2005 年全球在线的互联网的用户达到了 10 亿。截至 2011 年，全球互联网使用人数已突破 20 亿。与此同时数字图像、音频、视频等数字媒体也发展快速，人们可以通过互联网发布自己的多媒体作品（包括图像、音频、视频、动画等），传递重要信息。另外通过互联网进行数字媒体的拷贝、下载、发布变得非常方便。这给人们的生活和工作提供了便利条件，提高了工作效率，但另一方面互联网也为数字媒体的盗版提供了方便。一些人在没有获得数字媒体所有者授权的情况下，随意拷贝和传播有版权保护的数字媒体出版物，并从中牟取巨大的非法利益。例如，有些数字媒体还没有公开发行，或刚发行，几乎同时人们在互联网上就可以免费下载、拷贝。这大大侵犯了数字媒体版权所有人和制作人的利益，抑制了该产业的蓬勃发展。另一方面，一些政府文件、银行账单和个人的信用资料在网上被恶意篡改，使得电子商务、电子政务不能顺利推广应用。因此，在互联网时代，数字媒体的

版权保护和认证问题变得日益重要，信息安全成为越来越主要的课题。为此2006年3月27日联合国大会通过决定，确定每年的5月17日为“世界信息社会日”。2006年的“世界信息社会日”关注网络安全问题，呼吁“让全球网络更安全”。时任国际电信联盟电信标准化局局长的赵厚麟指出，“让全球网络更安全”的内涵包括：提升社会各界对信息技术作为推动经济和社会发展的有力工具的认识，宣传误用信息技术可能造成的严重后果，同时建立相关的规章制度来抗击网络犯罪；提高年轻人和老年人的网络安全意识，推动他们积极参与本地区或跨地区的网络安全活动；采取适当的防范措施，防止滥用网络侵犯个人隐私。因此互联网是一把双刃剑，在给人们提供各种方便的同时，也存在着许多安全隐患，为数字媒体的盗版、侵权提供了方便。在世界各国政府日益重视知识产权的今天，如何在互联网上保护数字媒体的版权，已成为数字世界中一个非常紧迫的课题，并且它还关系到我国能否真正落实保护知识产权的国策，从而鼓励人们去科技创新，实施发明创造、建立创新型社会，获得更多的自主知识产权，以便在国际经济舞台上占有一席之地。

随着计算机技术的发展，基于传统密码学的版权保护技术日益暴露出存在的缺点和不足：首先，随着计算机硬件技术的提高，使得计算机处理能力不断提升，仅仅利用增加密钥长度来实现保密的可靠性并不高。更重要的是一旦传输的文件被非法拦截者破解，那么无论被复制、篡改，传统密码技术将显得无能为力，这样它的安全性无法得到有效的保障。其次，人们在网上发布的图片、文本、音频和视频等数字多媒体信息，通常情况下，除了少数部分内容需要进行保密外，大多数的内容都还是以正常的交流为目的，如果仅仅是为了版权保护的目的，而将信息全部转换成密文，而密文对于大多数人来说都看不懂，他们往往会认为这是没有用处的信息，于是这些信息在人们面前将变得毫无意义，显然这样不符合信息的传播和共享。还有就是一旦人们获得了密钥，那么就能轻易地进行破解其中的内容，此时加密的密文在人们面前就完全成为了明文，这样人们同样可以方便地复制和随意的传播，与版权保护的初衷相悖，显然这在现实应用中存在着一定的弊端。

作为信息隐藏学的一个重要分支，近年来发展起来的数字水印技术则为传统密码学技术存在的问题提供了一个有效解决方案，因此数字水印也成为

了国际学术界研究的前沿热点。数字水印技术是利用信号处理的方法在多媒体数据中嵌入具有特殊意义的标识信息（也称为水印），以此来达到版权保护的作用，通常情况下，这种嵌入了标识信息的宿主媒体数据在主观感觉上不会引起明显的质量下降，不易察觉。我们只有使用专用的检测器才能检测并分析宿主媒体数据中是否存在着水印，并且水印应该具有一定的抗有意或无意攻击能力，也就是嵌入的水印既能满足不可见性又能很好地达到稳健性的要求。正是由于数字水印具有这些优势，其在我们日常生活中的应用非常广泛，尤其是版权保护方面，而且有越来越多的研究者都热衷参与其研究。虽然数字水印技术并不能完全阻止非法盗版发生，但它可以有效地对保护的媒体数据进行真伪鉴别，为非法拷贝导致的版权纠纷提供有效而强有力的证据，并以此为依据打击一些非法盗版者，起到保护知识产权重要的作用。由此可见，数字水印技术有着非常积极的现实意义和广阔的应用前景。

1.1.1 数字水印技术

数字水印（Digital Watermarking）是一种有效的数字产品版权保护和数据安全维护技术[1-7]，是信息隐藏技术研究领域的一个重要分支。其在信息隐藏技术体系中的位置见图 1.1[8]。

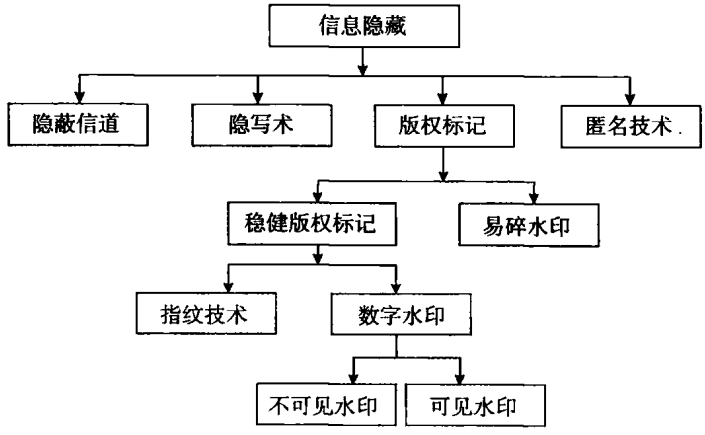


图 1.1 数字水印技术在信息隐藏中的位置

1. 信息隐藏技术

信息隐藏（Information Hiding）目前是国际信息技术研究领域的一个新兴的研究方向[8]。信息隐藏技术是研究如何将某一信息隐藏于另一公开的信息中，然后通过公开信息的传输来传递隐藏的信息。由于含有隐藏信息的媒体发布是公开的，而可能的检测者难以从公开的信息中判断隐藏信息是否存在，从而达到保证信息安全的目的。信息隐藏学作为隐蔽通信和知识产权保护等的主要手段正得到广泛的研究与应用。信息隐藏学和传统的密码技术并不完全一样，密码技术主要研究将机密信息（明文）进行特殊的编码，形成不可识别的密码形式（密文）进行传递；而信息隐藏主要研究如何将一机密信息秘密隐藏于另一公开的信息中，然后通过公开信息的传输来传递机密信息。信息隐藏技术由于其具有的特点和优势，已成为当今多媒体信息安全技术的一大重要研究热点。

信息隐藏技术的一个重要应用是数字水印技术，关于该方面的应用我们将在后面章节中详细介绍，除此之外，还有以下应用：

①信息隐藏技术在军事上有重要用途。因为在现代战争中，信息战是不可避免的，那么在信息战中，若用常规的加密技术，密码的内容被加密成编码，形成一些不易识别的密文来进行传输，但这非常容易引起敌方的注意，敌人通过对信号的检测以及定位，很快就会对发送装置进行攻击和破坏，但若通过信息隐藏技术，把重要信息隐藏在普通的图像等数字媒体中来发送，就不易引起对方的注意，从而使得发送装置免遭攻击。因此从国防安全的战略角度考虑，信息隐藏技术的研究意义重大。国家安全部门需要深入了解信息隐藏技术的原理，以便检测和跟踪那些对国家安全造成威胁的秘密信息的传递。

②互联网犯罪分子在进行网络犯罪时利用这一技术，通过频繁地改变身份和使用代理服务器，并在离线时抹去计算机中留下的踪迹，以防止计算机安全部门的追查。

③法律和相应部门需要深入了解信息隐藏技术的原理及其弱点，以便对妨碍国家和公共安全的秘密信息传递及其他行为进行检测和追踪。

信息隐藏主要工作原理如下：待隐藏的信息被称为秘密信息，公开信息则称为载体信息（Cover Message）。信息隐藏过程一般由密钥（Key）来控制，通过嵌入算法将秘密信息隐藏到公开信息中，而隐蔽载体（隐藏有秘密信息的公开信息）则通过信道传递，最后检测器利用密钥从隐蔽载体中恢复/检测出秘密信息[8-9]，信息隐藏模型见图 1.2。

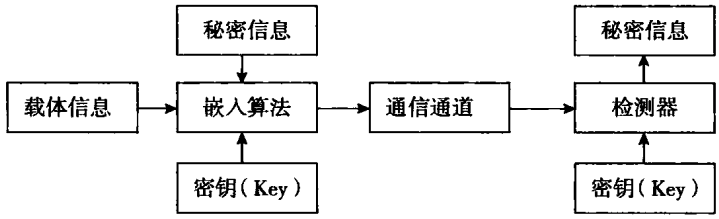


图 1.2 信息隐藏模型

此外，需要注意的是，解决信息安全问题，不仅需要加密算法和安全协议等技术手段，而且需要第三方认证等其他保密措施，是一个系统工程。

2. 数字水印技术

数字水印技术（Digital Watermarking）是通过一定的算法将一些标志性信息直接嵌入到多媒体内容当中，但不影响原内容的价值和使用，并且不能被人的感知系统觉察或注意到，只有通过专用的检测器或阅读器才能提取。这些标志性的水印信息可以是作者的序列号、公司标志、特殊意义的文本等，用来识别文件、图像或音乐制品的来源、版本、原作者、拥有者、发行人、合法使用人对数字产品的拥有权，可作为鉴定、起诉非法侵权的证据。

与加密技术不同，数字水印技术并不能够阻止盗版活动的发生，但它可以判别对象是否受到保护，监视被保护数据的传播，进行真伪鉴别，解决版权纠纷并为法庭提供证据。

用于版权保护的数字水印两大主要特性是鲁棒性（稳健性）和不可见性。所谓鲁棒性就是当水印图像受到一定程度的常规和几何攻击后，照样可以提取出相应的水印；所谓不可见性，就是嵌入的水印用肉眼不易发现。

1.1.2 数字水印的历史

一般认为，数字水印起源于古老的水印技术。这里提到的“水印”技术是指传统水印，即印在传统载体上的水印，如纸币上的水印、邮票股票上的水印等，将它们对着光照我们可以看到其中隐藏的图像。这些传统的“水印”用来证明其内容的合法性。

早在1282年，纸水印便在意大利Fabriano镇出现，这些纸水印是通过在纸模中加细线模板制造出来的。纸在存在细线的区域会略微薄一些，也会更透明一些。到了18世纪，在欧洲和美国制造的产品中，纸水印已经变得相当的实用了。水印被用作商标，记录纸张的生产日期，显示原始纸片的尺寸。大约也是这个时期，水印开始用于钱和其他文件的防伪措施。纸水印的存在既不影响美感，也不影响纸张的使用。中国是世界上最早发明造纸术的国家，也是最早使用纸币的国家。宋真宗在位时（998～1021年），四川民间发明了“交子”。交子正面都有票人的印记，有密码画押，票面金额在使用时填写，可以兑换，也可以流通。可以说交子上的印文既包含水印技术也包含消隐技术。

伪造促进了水印技术的发展。英国人威廉·康格里夫发明了一种制造有色水印的技术，方法是在造纸过程中把经过染色的物质插入到纸币中。由此制成的水印极难伪造，英格兰银行自身也因其太难制造而拒绝使用这种水印。另一个英国人威廉·亨利·史密斯发明了一种更实用的技术取代了精细线模式。该模式用一种浅的浮雕雕刻制造早期水印，并把水印嵌入到纸模中，由此产生的铸模表面的多变性创造出一种具有不用灰度阴影的漂亮水印，这就是今天20美元钞票上杰克逊总统面部上所使用的基本技术。

事实上，正是由于纸水印和消隐技术的特性才真正启发了在数字环境下水印的首次使用。将数字水印作为一门技术加以研究可以追溯到1954年，当时Muzak公司的埃米利·希姆布鲁克（Emil Hembrooke）为带有水印的音乐作品填写了一份题为“声音和相似信号的辨别”的专利[10]。此发明被Muzak公司用到了1984年前后。1961年美国专利局这样描述了该项发明[11]：“此发

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com