基于区块链和NSCT+SVD结合的零水印视频版权保护方案

Vladan Devedžić1, Marijana Despotović1, Ivan Luković2, and   
Violeta Damjanović3

1 Faculty of Organizational Sciences, POB 52,  
11000 Belgrade, Serbia

[1]@fon.rs

2 Faculty of Technical Sciences, Trg D. Obradovića 6,  
21000 Novi Sad, Serbia

ivan@uns.ac.rs

3 Postal Savings Bank, 27.marta 71,  
11000 Belgrade, Serbia

vdamjanovic@posted.co.rs

**Abstract.。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。**

**Keywords:** 。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。

# Introduction

全球范围对于视频版权保护的需求一直在不断的增加。自千禧年以来，VOD (Video On Demand)、DVD (Digital Versatile Disc)、HDTV(High Definition Television)等视频产品不断推出，人们对于视频的需求也逐渐增加，在这种背景下数字视频的可靠版权保护变得极为迫切。国际上在数字水印技术方面的研究更加深入，发展也非常迅猛。视频水印技术的发展与人们对于视频版权保护的需求息息相关。早在上个世纪美国的Digimarc公司[1] 就发表了世界上首个数字水印软件的技术专利；在90年代初，日本和英国也对水印技术方面给予了高度重视。现如今视频行业高速发展，数字视频形式不断变换，人们需要与时俱进的视频版权保护方案。就例如在抖音爆火全球的背景下，短视频的版权保护就显得尤为重要；再比如说好莱坞的商业电影对于版权保护的需求更为强烈，每年好莱坞都由于视频盗版而无有效维权方式损失了成百上千万美元。鉴于有效可行视频版权保护方案的应用前景与其在经济发展、社会进步方面的重要性以及人们对于其需求的迫切性，全球有很多政府机构支持此项研究[4]。目前，全球对数字内容认证的研究重点大致相同，都是集中于图像内容认证技术，而对视频内容认证的研究较少，仍有待发展。

在中国，中共中央政治局11月30日下午就加强我国知识产权保护工作举行第二十五次集体学习。中共中央总书记习近平在主持学习时强调，知识产权保护工作关系国家治理体系和治理能力现代化，关系高质量发展，关系人民生活幸福，关系国家对外开放大局，关系国家安全。全面建设社会主义现代化国家，必须从国家战略高度和进入新发展阶段要求出发，全面加强知识产权保护工作，促进建设现代化经济体系，激发全社会创新活力，推动构建新发展格局。习近平在主持学习时发表了讲话。他指出，创新是引领发展的第一动力，保护知识产权就是保护创新。党的十九届五中全会对加强知识产权保护工作提出明确要求。总的看，我国知识产权事业不断发展，走出了一条中国特色知识产权发展之路，知识产权保护工作取得了历史性成就，全社会尊重和保护知识产权意识明显提升。中国（海南）自由贸易试验区总体方案也提出明确要求，要加强完善知识产权保护和运用体系。推进知识产权综合执法，建立跨部门、跨区域的知识产权案件移送、信息通报、配合调查等机制。支持建立知识产权交易中心，推动知识产权运营服务体系建设。建立包含行政执法、仲裁、调解在内的多元化知识产权争端解决与维权援助机制，探索建立重点产业、重点领域知识产权快速维权机制。

现在随着人们对信息隐藏技术的不断研究，信息隐藏技术中的数字水印技术在数字作品的版权保护中发挥着越来越重要的作用。为了响应国家对知识产权保护的号召，为世界知识产品的“数字困境”找到出路，我们针对现有版权保护方案存在的诸多问题，例如水印算法复杂度太高，导致方案在实际实行的过程中效率过低，无法达到商业化的目的；鲁棒性太差，在目前网络架构中经过多次传输和压缩后水印被损害以至无法验证；不可感知性弱，在为一些视频加上水印后对视频原有质量产生视觉上能感知的影响，即损失其部分商业价值。并且目前的方案大多都只有单一的版权认证功能，没有涉及到实际商用过程中的交易，溯源等功能。

我们基于这些迫切需要解决的问题设计了一种针对视频版权的基于NSCT-SVD结合的彩色零水印算法；并且为了解决目前视频版权保护系统效率低下、不规范，创新的将传统的视频水印方案与区块链结合。我们的工作实现了基于区块链和NSCT-SVD结合的彩色零水印视频版权保护系统。 区块链采用微众银行的Fisco Bcos架构，实现了版权信息的自动生成、注册登记、交易、盗取追溯等功能。本系统零水印算法能和区块链很好的集合，在一定程度上改善了传统方案数据库中心化和举证维权力效益低的弊端，使确权简单、侵权取证容易，体现了更高的可靠性、开放性和智能化。

# 背景

在数字知识产权的保护技术中，信息隐藏学中的数字水印是最常用的。数字水印产生最早可追溯到1954年，Muzak公司的Emil Hembrooke为带有水印的音乐作品申请一项专利,通过间歇性应用中心频率为1kHz的窄带陷波器，插入验证码。此系统被Muzak公司一直用到了1984年前后[2] 。国际上是从90年代初开始数字水印的研究的，先是1994 年的图像处理国际会议首次提出数字水印的概念，再有1996年在英国召开了国际第一届信息隐藏学术研讨会[ a]。在1999年第三届信息隐藏国际学术研讨会上，数字水印成为主旋律，33篇文献中18篇是关于数字水印的研究。目前，数字水印已向任何数字文件类型的版权保护方向而发展。例如，其中IBM公司[ ]对水印的研究尤为突出，在其“数字图书馆”软件中就提供了数字水印功能 。目前该公司最新的研究在2018年提出对深度神经网络(DNN)模型开发水印模型，包含三种生成水印的算法，用于DNN模型的版权认证。除了利用数字水印进行保护，PetaPixel开发Blockkai使用比特币区块链保护版权；百度公司的“图腾“项目利用区块链技术解决图片版权痛点[ ]；腾讯云利用区块链技术推出了基于”至信链数字版权保护解决方案“，解决原创内容保护难题；字节跳动旗下图虫与蚂蚁金服旗下蚂蚁区块链达成深度合作，图虫成为首家区块链支持的影像数字版权合作平台，同时也是国内领先的区块链存证确权摄影师平台，图虫平台上原创作品”将上链可查“ [ ]。

近年来，各界学者在图片数字水印的研究取得了很大的进展。KOBAYASHI Atsushi 和HASEGAWA Akria等人提出可以将数字水印算法作为其他权限管理方法的补充，嵌入到边缘设备，并研究数字水印了静态图片和动态图片中的应用 [ ]。何方研究基于小波高频和低频插入数字水印的方法，并对其抗压缩性进行了水印提取测试，其测试结果表明高频域插入水印图像在保持原有质量方面较好，低频领域插入水印图像鲁棒性更好[ ]。Zai-rong WANG、Babak SHIRI创新的提出将分数逻辑映射用于生成混沌序列。然后将水印图像加密并插入到原始图像中。由于加密图像的分数阶在（0,1]内，因此增加了密钥空间并变为这项研究为保护硬件，图像和其他电子文件的版权提供了一种鲁棒的水印方法[ ]。Yuan-Min Li and Deyun Wei等提出不变小波域中基于余弦变换和分数阶傅里叶变换的双加密水印算法，其工作创新的利用了图片放大技术对主机图像进行预处理，以增强水印算法的容量，以及使用重分布不变小波变换和离散余弦变换获得混合域，还提出了多参数粒子群优化算法，并利用该算法获得了最优的嵌入因子矩阵[ ]。

零水印[ ]自被温泉提出后，因其不对原数字文件进行任何修改，近年来也成为研究重点。Zhiqiu Xia与Xingyuan Wang等人提出Local quaternion polar harmonic Fourier moments-based multiple zero-watermarking scheme for color medical images，构造多个零水印有效提高可靠性，能够抵御复杂的失步攻击，例如剪裁等[]。薛宏飞、迟万达等人提出了一种基于NSST、DCT和Hessenberg分解的鲁棒性更强的零水印算法，另外创新提出将QR码与彩色图片特征矩阵进行异或生成零水印[ ]。近年来，深度学习结合水印算法也是目前重点研究领域。Ali Amiri and Satter Mirzakuchaki提出基于NSCT-SVD智能水印模型，创新地使用PSO-GA-AI算法获得的较大SF的PSO和PSO-GA算法具有更高的稳定性；然后通过NSCT和SWT，将低频系数反馈到SVD；该模型极大增加视觉透明度和PSNR的值[ ]。

视频作为数字媒体领域中很重要的部分。目前，视频版权保护水印方案分为三种：一是基于原始视频的水印方案，此类方案将水印信息嵌入到原始视频载体中。二是基于视频编码过程的水印方案，现在主流的视频压缩标准包括 ISO/IEC的 MPEG 系列和 ITU-T 的 H.264 系列，而这些压缩标准能够实现很高的压缩比例的关键技术就是预测编码和变换编码。而缺点是存在累积误差会对视频质量产生不良影响[ ]。三是基于压缩域的视频水印方案，因为目前视频的传输和存储都是以压缩的形式存在。此方法优势在于嵌入水印不需要再编码和解码，降低计算复杂度。缺点为压缩后的数据冗余度较低限制了水印的数据量，嵌入强度受到视频数据的编码限制。Y Sun and J Wang弥补了现有H.264/SVC框架水印算法不足；其研究采用离散余弦变换（DCT）和可扩展水印算法的不可见水印框架，以适应H.264 / SVC的多分辨率特性；并设计密钥控制机制从宏块自适应选择子块，所提出的方法已经实现了不低于41 dB的峰值信噪比（PSNR）和大于0.85的归一化相关（NC）[ ]。Yicheng Qiu and Feng Xue等提出一种新颖的面向HEVC视频编码的视频水印方法，根据压缩视频的时空特征选取用于水印嵌入的块，最小化同步误差，并能够很好的防止共谋攻击；采用压缩域特征提取公共密钥，选取用于嵌入的块，对块嵌入水印，降低了计算开销[ ]。

# 视频版权保护方案

* 1. **基于距离阈值聚类的关键帧提取方法**

基于距离阈值聚类的关键帧提取方法基本流程:第一步，输入视频样本并对视频库进行处理;第二步，将非结构化的动态视频转换为静态的视频帧序列;第三步，对样本初步处理，提取特征向量;第四步，根据提取的特征向量计算帧间相似度和距离阈值，完成聚类;第五步，依据聚类结果，判定关键帧;第六步，输出提取的关键帧。

Figure 1:关键帧提取

**特征提取**

特征的选择对视频的关键帧表达和有效聚类的完成至关重要．颜色、纹理特征都是比较常用的图像特征．现阶段，基于聚类的关键帧提取方法大多选用颜色直方图，但颜色直方图特征不能描述相邻像素之间颜色空间分布关系．纹理特征作为图像的局部特征不依赖于颜色和亮度，不仅反映图像的灰度统计信息，而且反映图像的空间分布信息和结构信息，其所具有的灰度不变和旋转不变性质能巧妙地避免由光照显著改变而引起的实验误差．因此，本文选择改进的LBP(local binary patterns)[]的completed LBP (CLBP)[]描述符来处理纹理特征．CLBP纹理描述符是在LBP描述符基础上扩展的纹理描述符,它有效描述 LBP 类型的遗失信息，以便获得更好的纹理分类性能。

CLBP如下，规定



其中,



通常，给定一个中心像素和其他P个邻域值，则局部差向量表示为[d0 ,…….dp-1]，. sp和mp分别是dp利用局部差分符号——幅度变换分解（LDSMT）的符号和幅度值。上述公式中并不能直接作为描述子，因为其对于光照，旋转，噪声等都很敏感。将邻域像素和中心像素的差值分成符号分量和梯度分量，且由二者相乘得到，分别记做CLBP\_S和CLBP\_M。如图1，（a）为3x3的采样块，其差值可由（b）表示，并且可以分解成（c）\*（d），（c）为符号分量，（d）为梯度分量。本文中的符号分量CLBP\_S实际上就是传统LBP，两者编码方式也是相同的（c中这里的-1相当于传统LBP中的0）。而且纹理的符号信息比幅度信息更具有描述纹理的能力。



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9 | 12 | 34 |  | -16 | -13 | 9 |
| 10 | 25 | 28 |  | -15 |  | 3 |
| 99 | 64 | 56 |  | 74 | 39 | 31 |

（a）3px\*3px image （ b）Local difference image

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| -1 | -1 | 1 |  | 16 | 13 | 9 |
| -1 |  | 1 |  | 15 |  | 3 |
| 1 | 1 | 1 |  | 74 | 39 | 31 |

（c）CLBP\_S （d）CLBP\_M

Figure 2:CLBP算法各描述子

由图2可发现CLBP\_M是连续的值，为了与CLBP\_S统一编码，需要将其也转换成二进制编码。受CLBP\_S启发，作者提出以下编码方式对其进行编码，其中c是自适应阈值，这里c的值取整幅图相中mp的均值。mp是邻域像素与中心像素梯度差的绝对值累加（或者求平均值，最后比较的结果都一样的）。



中心像素代表局部灰度级，也包含了局部灰度判别信息，为了让其有效和CLBP\_M和CLBP\_S结合，我们进行如下编码：



这里gc表示中心像素灰度值，cI表示整幅图像灰度的平均值。即通过比较中心像素与全图平均像素值的大小来进行二进制编码。

CLBP算法流程如图2所示。至此三个描述子CLBP\_S,CLBP\_M,CLBP\_C全部产生，可通过串联、并联或串并联其直方图的形式将其进行融合,能实现比传统的 LBP 更有效的旋转不变分类能力。



Figure 3: CLBP算法流程

**帧间相似度计算**

距离度量用于衡量个体在空间上存在的距离，距离越远说明个体间的差异越大，相似度越低.卡方距离是最常见可以表示衡量两个个体之间的差异性，并且计算简单的度量.所以，本文采用卡方距离来表示帧间相似度．卡方距离越小，帧间相似度越高.任意两帧间的卡方距离定义为：



式中:Fa[i]和Fb[i]分别表示图像a和图像b的在第i个bin上的值，n为视频帧直方图bin的总数，dist(Fa，Fb)表示帧间相似度．

**距离阈值计算**

距离阈值直接影响聚类数目，进而影响关键帧的提取效果．阈值太小，容易提取过多的关键帧，从而造成信息冗余;阈值如果太大，提取的关键帧不能代表镜头的主要内容．根据数据密度采样思想[]，定义距离阈值如下:



式中:N为视频帧的总量，N(N－1)/2表示N个帧之间的两两之间卡方距离个数;c为常数，大量的实验表明，该算法中c的取值0.25的效果较好;d为通过密度采样得到的聚类算法距离阈值．通过这种方法可以对不同的视频选取不同的阈值，体现了阈值的适应性．该方法选取的阈值会偏小但不会太小，适当小的阈值可以获得较多的初始聚类，有利于类心合并和二次聚类．

**算法描述**

本文算法在传统聚类算法基础上进行了聚类中心的有效确定和阈值改进，改进的距离阈值聚类算法的主要步骤如下:

1)对数据集进行数据采样确定距离阈值d;

2)根据阈值和相似度对数据集进行初始聚类，确定初始的聚类数目k及聚类中心集合C;

3)利用K－means算法对初始类心进行优化，得到新的聚类中心集合G;

4)利用顺序聚类思想[]合并G中距离较近的类，确定最终k值及聚类中心集合和聚类簇，完成聚类中心自确定．

步骤1)和2)的详细流程如图4左所示，步骤3)和4)的详细流程如图4右所示．完成聚类后，选取所有离聚类中心最近的帧构成视频的关键帧。



Figure 4:聚类算法流程图

* 1. **基于非下采样轮廓波变换（NSCT）结合SVD的关键帧零水印算法**

数字水印目的不是为了防盗，防止该数字媒体被访问。保护用户的合法的知识产权，并能及时可靠的作为有效的法律依据，才是数字水印应当实现的功能。为了很好的实现版权认证的功能，本文提出基于NSCT结合奇异值分解的零水印算法。非下采样轮廓波变换（NSCT）不但继承小波变换的时频局域性分析和多分辨率的优点，可以多尺度、多方向地分解。弥补小波变换对图像只有垂直、水平、对角三个方向变换的不足[ ]。本文采用于Nonsubsampled金字塔(NSP)和Nonsubsampled方向滤波器(NSDFB)的非下采样轮廓波变换（NSCT），具有良好平移不变性[ ]，弥补下采样的缺点。另外基于奇异值分解的水印算法可以保护图像的稳定性、鲁棒性、透明性。

**奇异值分解（SVD）**

数字图像经过奇异值分解[ ]后，对应的正交矩阵表示图像的几何结构，奇异矩阵表示图像亮度信息。设定数字图像矩阵A∈ ,R为实数域。正交矩阵U∈、V∈和对角矩阵S∈使得A表示为:



其中U代表左奇异值正交矩阵， 表示右奇异值正交矩阵。分别满足条件，。其中



该S矩阵中某个奇异值通常比其他奇异值大很多，该奇异值可以代表A的整体能量的大小[ ]。

**Arnold变换**

Arnold算法[ ]变换实质改变像素位置，能够消除载体图像中像素或者内容之间的相关性，提高图像的安全性。

狭义Arnold变换公式即为Arnold最简单的一种变换。其矩阵运算公式为：



狭义Arnold变换的逆变换可以方便地把变换后地图像恢复。其矩阵运算公式为：



(x‘,y’)表示(x,y)在经过变换后像素点的位置，N表示参与变换图片的尺寸。

**水印生成**

通过上文的算法，将从视频中选择出一系列关键帧，这些关键帧能代表整个视频的特征信息。零水印构造生成算法就是基于选出的关键帧，在关键帧上面提取特征信息然后结合有意义的水印图片，就得出零水印。具体步骤如下：

步骤一：在视频帧序列中，选出关键帧之后，输出其对应帧头信息；将得到的M×N×3的彩色载体图像和m×n×3的有意义彩色水印图片进行R、G、B颜色分离；

步骤二：进行将关键帧分离出的 ， ，分成A×B个不重叠的分块。（为便于描述分离出的三帧操作相同，将不进行特殊标注，后文默认对三帧进行同样操作），假设M、N的值都为512，A、B的值为128。分块方式为：



步骤三：对每一个子块进行Arnold变换[ ]，置乱密钥为 ,假设分块后的子块,按照公式（3.2.3）进行变换，Arnold变换将三种颜色通道的图片像素点打乱；

步骤四：将置乱后的每一子块 进行非下采样轮廓波变换，非下采样轮廓波变换得到包含点奇异性和曲线奇异性的各个子块的低频信息 。按照步骤2的假设，的大小为32×32；

步骤五：对低频分量 再次进行子块划分 ，划分成4×4的大小。分块方式为：



步骤六：将每个子块进行奇异值分解（SVD），依据公式（3.2.1，3.2.2）其方法为：



由于每一子块的每个奇异值对于一定范围内的攻击，最高位不会发生变化，所以选取每个奇异值矩阵的最大奇异值组成过渡矩阵X，二值特征矩阵T的构造依据过度矩阵X的构造，为：





步骤七：对有意义水印图片进行处理。首先对于步骤一已进行R、G、B颜色分离后的 ，， ，进行Arnold置换，密钥为 ，假设置换后的帧分别为，，;

步骤八：将，，与步骤六得到的三个通道的特征矩阵为,,分别进行异或，方法如下：



然后将R、G、B颜色通道组合生成彩色零水印：





Figure 5:零水印算法流程图

**水印提取**

步骤一：根据帧头信息，得到关键帧，然后将彩色载体图像和彩色零水印图片进行R、G、B颜色分离。为便于描述分离出的三帧（R、G、B）操作相同，将不进行特殊标注，后文默认对三帧进行同样操作；

步骤二： 同零水印构造生成算法步骤二进行分块处理；

步骤三：用密钥对每一个分块后的子块进行Arnold变换；

步骤四：同零水印构造生成算法中步骤四五六，进行分块处理和奇异值变换（SVD），再生成特征矩阵, , ；

步骤五：将彩色零水印图像进行R，G，B分离后的, , ；

步骤六：将特征矩阵, , 与 , , 进行异或操作，得出之乱后的有意义的水印图片，方法为：



步骤七：用保留的密钥，将变乱后的有意义的水印图片进行Arnold逆变换，按照（3.2.4）公式进行变换，将置乱后的水印进行逆变换还原为，，。然后将R、G、B颜色通道组合生成有意义的彩色水印，方法为：





Figure 6:水印提取流程图

## 视频版权保护系统框架



Figure 7.视频版权保护系统框架

用户通过我们提供的应用，向节点发起RPC请求以发起交易。初始交易包含了关键帧编号，密钥对，置乱零水印彩色图片信息；而之后的所有权，使用权交易则只包含权限信息。当节点收到交易后将交易附加到交易池中，打包器不断从交易池中取出交易并通过一定条件触发，取出交易打包为区块。生成区块后，由共识引擎进行验证及共识，验证区块无误且节点间达成共识后，将区块上链。当节点通过同步模块从其他节点处下载缺失的区块时，会同样对区块进行执行验证。

视频版权保护系统注册主要流程如下：

1）用户通过应用输入视频和能认证身份的有意义彩色图片，进行注册；

2）对视频数据进行预处理通过距离阈值聚类提取关键帧；

3）对关键帧构建零水印；

4）收集零水印和关键帧编号以及密钥对并打包成数据结构；

5）将打包后的交易上传到FISCO BCOS网络，将交易打包为区块信息发送至共识引擎；

6）当区块验证无误时且网络中节点达成一致，共识引擎将区块发送至BlockChain，否则删除该区块；

7）BlockChain收到区块，对区块信息（如块高）进行检查，并将区块数据与表数据写入底层储存中中，完成区块上链。注册在FISCO BCOS上的信息将安全永久保存在链上，实现对版权认证中的溯源功能；

8）将密钥和反馈彩色零水印图片返回给用户；

视频版权保护系统版权认证主要流程如下：

1）考虑用户注册不止一个视频，需要提供与区块链上的密钥对进行匹配，得到链上的关键帧编号；

2）按照有意义彩色水印提取算法，提取能认证身份的有意义彩色图片；

3）完成认证；

权限交易主要流程如下：

1） 用户通过应用选择对于所有权或是使用权发起交易请求。

2） 节点收到请求后通过智能合约自动执行交易，并将交易结果打包成区块发给共识引擎。

之后步骤与初始交易一致这里便不再赘述，值得注意的是，当交易完成后，BlockChain上的帐本记录是直接能证明用户交易后的所属权限，并且将不再调用水印算法。意味着权限交易的工作全部转移到区块链模块上。

## 安全性分析

本方案在水印算法和区块链（FISCO BCOS[ ]）板块均实现安全性功能。

在水印算法中一个彩色视频若有多个关键帧会产生多个彩色零水印，这能有效的抵御实际二次创作场景中的对视频帧进行恶意剪裁，防止关键帧被剪裁导致无法获取特征矩阵，进而无法得出有意义彩色图片水印信息。实验证明，即使该关键帧图片受到破坏，提取出来的有意义水印图片仍能保持很好的清晰度。零水印构造生成算法中两次分块处理中，第一次是在非下采样轮廓波变换（NSCT）之前，使得彩色载体图片受到剪切攻击时，非下采样轮廓波变换（NSCT）之后的系数能够相互独立，互不影响。第二次分块处理使得随后的奇异值分解更加稳定。此外，本算法中的R、G、B分离组合增强了算法的安全性，由于需要得到三个零水印信息才能提取出有意义的版权水印，实现了逻辑意义上的三重加密。另外本零水印算法最基本的特点就是实现了不对视频进行任何修改从而达到版权保护的目的，百分之百保证视频文件的完整性。本水印算法会产生密钥，密钥将作为版权交由所有者自行保存。可将密钥与上传至区块链网络上，然后与形成一个密钥对。在进行版权认证时，用户提供匹配密钥对，来提取上链的彩色零水印（已通过算法得出的像素分布混乱的图，彩色零水印图片上链过程称为视频注册），进行提取得出有意义的彩色水印。

在视频版权保护系统中，区块链（FISCO BCOS）能够代替原零水印方案中第三方公证机构，能够避免普遍第三方公证机构存在的安全性问题。区块链（FISCO BCOS）自身存在着优秀的安全控制机制。本系统应用于视频版权保护领域，在数据安全性要求较高的场景下，需要对联盟链上的数据进行访问控制，主要分为以下两方面：1）链上通信数据的访问控制，FISCO BCOS是通过节点证书和SSL来完成的；2）节点存储数据的访问控制中，FISCO BCOS使用了落盘加密，落盘加密是在机构内部进行的。在机构的内网环境中，每个机构独立地对节点的硬盘数据进行加密。当节点所在机器的硬盘被带离机构，并让节点在机构内网之外的网络启动，硬盘数据将无法解密，节点无法启动，进而无法盗取联盟链上的数据。除此之外，本上链的数据，即彩色零水印已经过置乱，即使被获取，也无法得到任何有效信息，安全性进一步提升。

另外，区块链（FISCO BCOS）能在授权中起到重要作用。例如，用户A要授权用户B，只需在区块链上进行交易，而无需再对视频C进行任何操作，相比传统方法再次添加水印信息更有效率。并且区块链（FISCO BCOS）上能够永久存储，并防止恶意篡改。例如，区块链账本上能迅速检索出用户A是视频的所有者，而B只是视频的使用者。因此如若有恶意用户非法使用和转载视频，将通过视频版权保护系统中进行快速溯源找到具有法律效应的证明。

# 总结以及未来工作

本文创新的提出了数字水印结合区块链（FISCO BCOS）的视频版权保护系统，实现以产生零水印的方式不对原视频数据做出任何影响而达到版权保护的目的；在零水印算法中设计了置乱、分块分别提高了安全性、鲁棒性；利用FISCO BCOS中，完善版权保护在授权方面的应用。针对视频水印的关键帧选取，恶意裁剪攻击的防范，进行了系统的研究。但本文研究的系统仍存在数字版权保护领域中的普遍问题，即无法通过简单的方式有效的防止二次创作注册，本文仅通过用户共识的方式来抵御。百度“图腾“和阿里所做的区块链版权保护系统都是基于机器学习的检索方式实现查重认证的，但此办法需要投入大量的成本。我们将继续研究更高效的解决方案。

1. 研究跨链相关知识，扩展本系统方案的区块链（FISCO BCOS），实现跨链通信有助于扩展视频版权保护系统；
2. 基于区块链技术和数字水印算法两个角度研究如何低效的处理的二次创作之后的版权保护方法；
3. 研究如何进一步提升视频版权保护系统的水印算法的可靠性和视频版权保护系统区块链部分的效率。

# References

1. <http://www.alpvision.com>
2. E. F. Hembrooke:Identification of Sound and Like SignalsUnited States Patent 3,004, 104,

1996.

1. 夏文财 .数字水印的研究现状与发展.2017
2. 高华强.关于信息隐藏与隐信道技术的应用研究. 山东大学,2010.
3. 郭小雪.区块链技术重构传媒产业新秩序——以百度图腾为例.长治职业技术学院,2020
4. 阮晓雅.基于区块链技术嵌入的供应链金融模式财务问题研究——以蚂蚁金服双链通为例.安徽财经大学会计学院,2020
5. 郭蕾,刘福平,李诗珂,庞建萍.基于SM2和奇异值分解(SVD)的指纹水印身份认证算法.北京印刷学院,2019
6. 吴玲玲，张建伟，葛琪. Arnold变换及其逆变换.南京信息工程大学数理学院,2010
7. 宣曼. H.264/AVC视频完整性认证关键技术研究[D]. 合肥工业大学, 2011.
8. KOBAYASHI Atsushi, HASEGAWA Akira, FUKUDA Miho. A practice of copyright protection applying digital watermark technology: Studying applications in still pictures and moving pictures, and exploration of future expectations. 2017, 60(2):89-99.
9. 何方.基于小波域的数字水印及其抗压缩鲁棒性测试[J].自动化与信息工程,2020,41(05):42-44+50.
10. Zai-rong WANG,Babak SHIRI,Dumitru BALEANU.Discrete fractional watermark technique[J].信息与电子工程前沿（英文版）,2020,21(6):880-883.
11. LI Y-M, WEI D, ZHANG L. Double-encrypted watermarking algorithm based on cosine transform and fractional Fourier transform in invariant wavelet domain [J]. Information Sciences, 2020.
12. 温泉,孙锬锋,王树勋.零水印的概念与应用[J].电子学报,2003,31(2):214-216. DOI:10.3321/j.issn:0372-2112.2003.02.015.
13. Xia Zhiqiu, Wang Xingyuan, Wang Chunpeng, et al. Local quaternion polar harmonic Fourier moments-based multiple zero-watermarking scheme for color medical images. 2020, :106568-.
14. 薛宏飞,迟万达,刘晓欣.基于NSST与Hessenberg分解的零水印算法[J].现代计算机,2020,(10):89-93,103. DOI:10.3969/j.issn.1007-1423.2020.10.018.
15. Ali Amiri, Sattar Mirzakuchaki. A digital watermarking method based on NSCT transform and hybrid evolutionary algorithms with neural networks. 2020, 2(10):1-15.
16. 刘信.视频数字水印技术综述[J].电视技术,2020,44(5):11-15. DOI:10.16280/j.videoe.2020.05.003.
17. SUN Y, WANG J, HUANG H, et al. Research on scalable video watermarking algorithm based on H.264 compressed domain [J]. Optik, 2020, 165911.
18. 邱一城,薛峰,唐晶磊.时空特征分析结合随机密钥的压缩域数字视频水印嵌入和提取方法[J].计算机应用研究,2019,36(9):2813-2817. DOI:10.19734/j.issn.1001-3695.2018.05.0256.
19. OJALAT，PIETIKAINENM，MAENPAAT．Multireso-lutiongray－scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns［J］．IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence，2002，24(7) :971－987．
20. Z. Guo, L. Zhang and D. Zhang, "A Completed Modeling of Local Binary Pattern Operator for Texture Classification," in IEEE Transactions on Image Processing, vol. 19, no. 6, pp. 1657-1663, June 2010, doi: 10.1109/TIP.2010.2044957.
21. 杨杰明，闫 欣，曲 朝 阳，等．基于数据密度分布的欠采样方法研究［J］．计算机应用研究，2016，33(10) :2997－3000．
22. 郝雪，彭国华．基于SVD和稀疏子空间聚类的视频摘要［J］．计算机辅助设计与图形学学报，2017，29(3) :485－492．
23. 李东勤.基于图像奇异值的半脆弱水印技术[J].现代计算机（专业版）,2010,(10):26-29. DOI:10.3969/j.issn.1007-1423-B.2010.10.007.
24. 康良成,李朝锋.基于轮廓波数字水印的JPEG图像质量评价方法[J].计算机工程与应用,2016,52(21):206-210,246. DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.1501-0083.
25. 吴巧玲,倪林,何德龙, 等.基于学习的NSCT的指纹图像超分辨率重建[J].数据采集与处理,2012,27(2):173-178. DOI:10.3969/j.issn.1004-9037.2012.
26. 肖振久,宁秋莹,张晗, 等.NMF和增强奇异值分解的自适应零水印算法[J].计算机应用研究,2020,37(4):1144-1148,1153. DOI:10.19734/j.issn.1001-3695.2018.09.0751.
27. https://fisco-bcos-documentation.readthedocs.io/en/latest/