

DRM 安全策略的模糊层次分析法效用评估及选取

张志勇^{1,2}, 叶传奇¹, 范科峰³, 张丽丽¹, 牛丹梅¹

(1 河南科技大学 电子信息工程学院, 河南 洛阳 471003; 2. 西安电子科技大学 计算机网络与信息安全教育部重点实验室, 陕西 西安 710071;
3. 北京邮电大学 网络与交换国家重点实验室信息安全中心, 北京 100158)

摘要: 从不同等级安全与效用分析的新角度, 提出了基于模糊层次分析法的 DRM 安全策略效用评估及其博弈论选取。通过构建安全策略的层次分析结构, 采用模糊判断一致矩阵, 分析可选安全组件与服务在安全策略中的权重关系, 并将所得权重用于计算 DRM 安全策略组合的实际效用以及进而实现博弈论选取, 得出多方安全——效用的 Nash 均衡, 即最优均衡安全策略组合及其存在条件。一组典型安全策略的实例分析表明, 博弈结果存在 2 组不同的安全策略组合, 内容与服务提供商可根据数字内容购买用户数及平均购买量等应用情形来有效部署 DRM 系统, 从而获得数字版权保护与各方实际收益的均衡。

关键词: 数字版权管理; 模糊层次分析法; 安全策略; 博弈论; 纳什均衡

中图分类号: TP309

文献标识码: B

文章编号: 1000-436X(2009)10A-0126-06

Fuzzy analytic hierarchy process-based utilities evaluation and adoption for DRM security policies

ZHANG Zhi-yong^{1,2}, YE Chuan-qi¹, FAN Ke-feng³, ZHANG Li-li¹, NIU Dan-mei¹

(1. Electronics Information Engineering College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China;

2. Ministry of Education Key Laboratory of Computer Network and Information Security, Xidian University, Xi'an 710071, China;

3. Information Security Center for the State Key Laboratory of Network and Exchange, Beijing Post & Telecom University, Beijing 100158, China)

Abstract: The utility evaluation of DRM security policies based on fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) and their game-theoretic adoptions were proposed from a novel perspective of the different level security and utilities' analyses. Based on the analytic hierarchy structure, the fuzzy estimation consistency matrix was employed to analyze the weights of optional security components and services, and then the gained weight values were further used for the computing of security policies' utilities and the accomplishing the game, finally yielding Nash equilibriums, that is, optimal policies profiles, as well as pre-conditions for participants. The use case for a group of the typical security policies shows that the result of the game includes two different groups of security policies profiles, as well as contents/services provider could effectively deploy a DRM system in term of the number of consumers purchasing digital contents, and average purchase, thus achieving the balance between the digital copyrights protection and real payoffs of participants.

Key words: digital rights management; fuzzy analytic hierarchy process; security policy; Game theory; Nash equilibrium

收稿日期: 2009-08-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60803150); 河南省重点科技攻关项目(092102210295); 河南科技大学科学研究青年基金项目(08QN010); 中国博士后科学基金项目(20080440333)

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China(60803150); Henan Province Key Technologies R & D Program Grant (092102210295); Henan University of Science & Technology Young Scholar Fund (08QN010); National Science Foundation for Post-Doctoral Scientists of China (20080440333)

1 引言

随着信息技术与通信网络技术的飞速发展,以及灵活、便捷的各种网络接入方式,使得用户前所未有地能够在任何时间、任意地点获得所需的数字信息,体验数字媒体服务。其中,数字内容(包括文本、图像、音视频、应用软件等)由于本身具有无损复制、易于分发等重要特性,导致目前随意批量复制受知识产权法律保护的数字内容产品,并将其通过各类通信网络载体进行非授权分发、传播和滥用的现象普遍存在,数字版权管理(DRM, digital rights management)由此而产生。

现有 DRM 技术研究主要从 2 个方面展开:①预防式技术主要基于密码学理论与技术,研究数字内容的加密保护、安全分发和存储^[1,2],以及数字内容从生成、分发、传输、到使用和传播的整个生命周期内的授权访问和使用控制等问题,涉及使用模型、权利描述语言^[3,4]。②反应式技术主要针对用户侵犯数字版权的行为,研究基于数字水印与生物特征的侵权跟踪、认证、数字媒体保护等技术^[5,6]。目前,广泛的用户终端和网络化的消费电子设备的平台安全性、可信性面临着严重挑战^[7],基于硬件芯片的终端安全增强可信计算技术被逐步应用于 DRM 领域^[8]。除了上述以数字内容(服务)提供方为中心实现内容的安全保护和版权管理,同时也出现了从用户的立场考虑 DRM 安全策略和用户的隐私保护等^[9,10]。这些现有的 DRM 研究在不断地增强安全策略与机制,然而对于数字内容价值链中的各方而言,也造成了安全成本及开销的增加,以及 DRM 系统可用性与灵活性的降低。文献[11]从 DRM 系统的角度,针对用户的自由下载或购买受版权保护的内容,以及内容提供商是否应该采用保护行为,进行了基础的博弈分析。然而,面对日渐凸现的 DRM 软(硬)件控制及可信计算增强等多级安全保护技术,所带给各方的安全与效用的相互影响,尚未出现相关研究,这也是本文的主要贡献。本文基于文献[12,13]中的工作,针对 DRM 安全组件/服务在安全策略中的权重及效用,采用了模糊层次分析法,并进一步获得了安全策略选取博弈的最优策略组合及 Nash 均衡条件。

2 层次分析法及相关引理

层次分析法(AHP, analytic hierarchy process)是针对具有较大规模评价因素的目标问题,实现定

量与定性分析相结合的有效决策方法。通过对众多影响因子之间相互重要程度进行对比、归一化分析,进而可得出相关因素权重以及多个可选择策略的最优方案。当目标因子数量较大时,由于普通层次分析法在检验判断矩阵一致性时计算复杂度较高,并且当不一致性时仍需要重复地调整和检验来进行修正,为此,近年来提出了基于模糊综合评价方法的模糊层次分析法(fuzzy AHP)。该方法融合目标因子的模糊评价和 AHP 分析过程,使得因子权重的计算更加符合一般思维过程,提高了定性与定量分析的准确性和合理性^[14,15]。

定义 1^[14] 设存在指标因子集 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ 。若矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$ 满足以下条件:

- 1) $0 \leq r_{ij} \leq 1, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$;
- 2) $r_{ii} = 0.5$;
- 3) $r_{ij} + r_{ji} = 1$, 则称 R 为模糊互补判断矩阵。

其中, r_{ij} 表示指标因子 f_i 比 f_j 重要的隶属度, r_{ij} 越大,表示 f_i 比 f_j 越重要;当 $r_{ij} = 0.5$ 时表示两者同等重要。

定理 1^[14,15] 若模糊互补判断矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$, 对于 $\forall i, j, k = 1, 2, \dots, n$, 存在 $r_{ij} = r_{ik} - r_{jk} + 0.5$, 则 R 为模糊一致判断矩阵。特别地, R 中任一元素均可由其第一行元素描述为 $r_{ij} = r_{1j} - r_{1i} + 0.5, i, j = 1, 2, \dots, n$ 。

定理 2^[15] 若 $R = (r_{ij})_{n \times n}$ 为模糊一致判断矩阵, 则指标因子的权重计算如下:

$$w_i = 1/n - 1/2\alpha + (1/n\alpha) \times \sum_{k=1}^n r_{ik}, (i = 1, 2, \dots, n)$$

这里, 取 $\alpha = (n-1)/2$, 将显著地体现指标因子之间的重要程度。

本文结合 DRM 典型安全策略及其效用因子, 采用 FAHP 相关定理 1 进行非一致性模糊判断矩阵中元素的调整, 采用定理 2 的计算方法求解指标因子权重向量, 因子之间重要性的模糊隶属度将采用文献[15]中表 3 的标度描述。

3 基于 FAHP 的典型安全策略效用评估

3.1 DRM 安全策略的层次分析结构

依据层次分析法的多层结构, 这里将 DRM 安全策略的 AHP 结构定义为安全目标—策略—组件/服务—影响因子 4 层体系, 如图 1 所示(以 RP 为

例)。其中，安全目标是实现 DRM 防非法复制、传播及滥用功能性的总体目标。在该目标下，各方存在一组安全策略集，而每一策略都是由多个安全组件/服务组成，用于实现 DRM 的安全功能性。最底层则描述影响每一个安全组件/服务效用的因子，每一因子的权重。这里，安全策略、组件/服务和因子的权重分别定义为 w_{CP}^j ， $w_{c^*/s^*/c/s}^j$ 和 w_f^k 。

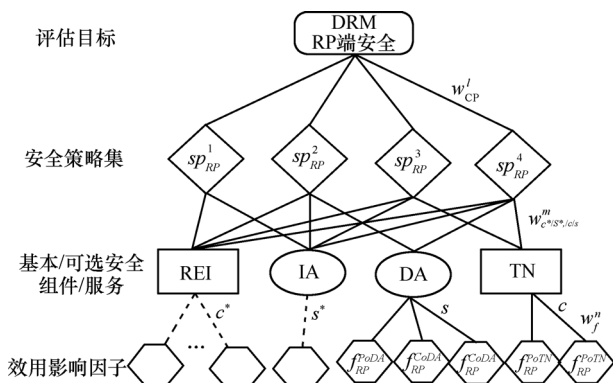


图 1 面向 RP 安全策略集的 DRM 层次分析结构

3.2 效用因子权重的模糊评价

依据 FAHP 相关引理和结论，针对 DRM 层次分析结构，提出以下因子权重模糊评估算法，可用于分析底层所有效用因子相对于目标层的模糊权重。

R_{CP}^{Policy} ， R_{RP}^{Policy} ， $R_{Consumer}^{Policy}$ 分别描述典型安全策略的模糊一致性判断矩阵如下：

$$R_{CP}^{Policy} = \begin{bmatrix} 0.5000, 0.2070, 0.2476, 0.1000 \\ 0.7930, 0.5000, 0.5406, 0.3930 \\ 0.7524, 0.4594, 0.5000, 0.3524 \\ 0.9000, 0.6070, 0.6476, 0.5000 \end{bmatrix}$$

$$R_{RP}^{Policy} = \begin{bmatrix} 0.5000, 0.1738, 0.2416, 0.1000 \\ 0.8262, 0.5000, 0.5678, 0.4262 \\ 0.7524, 0.4322, 0.5000, 0.3584 \\ 0.9000, 0.5738, 0.6416, 0.5000 \end{bmatrix}$$

$$R_{Consumer}^{Policy} = \begin{bmatrix} 0.5000, 0.3000, 0.1738, 0.1000 \\ 0.7000, 0.5000, 0.3738, 0.3000 \\ 0.8262, 0.6262, 0.5000, 0.4262 \\ 0.9000, 0.7000, 0.5738, 0.5000 \end{bmatrix}$$

基于图 1 和 FAHP 计算方法，可得 CP 安全策略集 $\{sp_{CP}^1, sp_{CP}^2, sp_{CP}^3, sp_{CP}^4\}$ 的模糊权重向量为 $W_{CP} = (0.0925, 0.2878, 0.2607, 0.3591)^T$ 。

同理，RP 策略集的权重向量为 $W_{RP} = (0.0859, 0.3034, 0.2572, 0.3526)^T$ ，Consumer 端的权重向量为 $W_{Consumer} = (0.0957, 0.2290, 0.3131, 0.3623)^T$ 。三方可选安全组件/服务的单排序模糊权重及相对于策略层的总排序权重见表 1，其中当某个 c/s 和 $sp_i^j (i \in \{CP, RP, Consumer\}, 1 \leq j \leq 4)$ 无关时， $w_{c^*/s^*/c/s}^j = 0$ 。

通过给出三方可选安全组件/服务的效用因子权重模糊一致矩阵：

$$R_{CP}^{Identification} = \begin{bmatrix} 0.5000, 0.7524 \\ 0.2476, 0.5000 \end{bmatrix}$$

$$R_{CP}^{TN} = \begin{bmatrix} 0.5000, 0.7930 \\ 0.2070, 0.5000 \end{bmatrix}$$

$$R_{RP}^{DA} = \begin{bmatrix} 0.5000, 0.8786, 0.7930 \\ 0.1214, 0.5000, 0.4144 \\ 0.2070, 0.5856, 0.5000 \end{bmatrix}$$

表 1 三方可选安全组件/服务相对安全策略的效用权重

$sp_{CP}^i \quad c/s$	sp_{CP}^1	sp_{CP}^2	sp_{CP}^3	sp_{CP}^4	相对 CP 策略 $w_{c/s}^i$
	0.0925	0.2878	0.2607	0.3591	
Identification	0	0.2357	0	0.1579	0.1245
TN	0	0	0.2246	0.1358	0.1074
$sp_{RP}^i \quad c/s$	sp_{RP}^1	sp_{RP}^2	sp_{RP}^3	sp_{RP}^4	相对 RP 策略 $w_{c/s}^m$
	0.0859	0.3034	0.2572	0.3526	
DA	0	0.3334	0	0.2921	0.2042
TN	0	0	0.2476	0.1213	0.1065
$sp_{Consumer}^k \quad c/s$	$sp_{Consumer}^1$	$sp_{Consumer}^2$	$sp_{Consumer}^3$	$sp_{Consumer}^4$	相对 Consumer 策略 $w_{c/s}^n$
	0.0957	0.2290	0.3131	0.3623	
CRE	0	0.3666	0	0.3087	0.1958
TCD	0	0	0.5	0.2246	0.2380

$$R_{RP}^{TN} = \begin{bmatrix} 0.500 & 0, & 0.793 & 0 \\ 0.207 & 0, & 0.500 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{Consumer}^{CRE} = \begin{bmatrix} 0.500 & 0, & 0.700 \\ 0.300, & 0.500 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{Consumer}^{TCD} = \begin{bmatrix} 0.500 & 0, & 0.900 & 0, & 0.878 & 6 \\ 0.100 & 0, & 0.500 & 0, & 0.478 & 6 \\ 0.121 & 4, & 0.521 & 4, & 0.500 & 0 \end{bmatrix}$$

进而可得, CP 效用因子集 $\{f_{CP}^{PoI}, f_{CP}^{CoI}, f_{CP}^{PoTN}, f_{CP}^{CoTN}\}$ 相对于目标层的模糊评估权重向量为 $W_f^{CP} = (0.093\ 7, 0.030\ 8, 0.085\ 2, 0.022\ 2)^T$ 。

同理, RP 效用因子集 $\{f_{RP}^{PoDA}, f_{RP}^{CoDA}, f_{RP}^{CoTC}, f_{RP}^{PoTN}, f_{RP}^{CoTN}\}$ 相对于目标层的模糊权重向量为 $W_f^{RP} = (0.113\ 8, 0.036\ 4, 0.053\ 9, 0.084\ 5, 0.022\ 0)^T$;

Consumer 的效用因子集 $\{f_{Consumer}^{PoCRE}, f_{Consumer}^{CoCRE}, f_{Consumer}^{PoDA}, f_{Consumer}^{CoDA}, f_{Consumer}^{CoTC}\}$ 相对于目标层的模糊权重向量分别为, $W_f^{Consumer} = (0.137\ 1, 0.058\ 7, 0.141\ 1, 0.045\ 9, 0.051\ 0)^T$ 。

4 最优安全策略组合及其 Nash 均衡条件

结合文献[12]已给出的安全策略外部相关性和式(1)~式(6), 以及第 3 节计算所得各安全组件/服务的有效权重, 可以得到各方在不同安全策略组合下的实际效用收益。这里引入安全组件/服务的效用权重, 以及主要参数 m, n 和 s , 分别表示购买数字内容的用户数, 平均购买量以及交易事务会话总数。

针对三方典型安全策略集, 其博弈模型如图 2 所示。其中, $(sp_{CP}^1, sp_{RP}^1, sp_{Consumer}^1)$ 是基本安全策略

组合, 各方所获得基础收益; $(sp_{CP}^4, sp_{RP}^4, sp_{Consumer}^4)$ 属于高安全策略组合, 也是目前内容/服务提供商实现和部署 DRM 系统的目标。然而, 对于实际多方博弈的上下文情形, 该安全组合对于各方而言, 未必

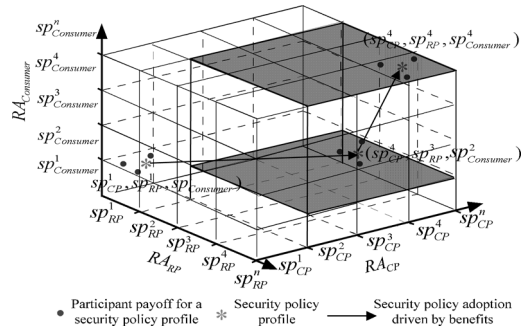


图 2 DRM 内容价值链三方博弈模型

能达到最优的效用均衡, 而转向次安全性策略组合 $(sp_{CP}^4, sp_{RP}^3, sp_{Consumer}^2)$, 这时各方所得到的收益被最优化, 其安全策略的选取也是稳定的。

进一步将明显的劣势策略逐次消去, 可对图 2 的 3×4 博弈模型进行逐次降维, 消去劣势策略 $sp_i^1 (i \in \{\phi\})$ 后, 3×4 模型降维可得 3×3 模型。这里, 重复使用劣势策略消除法, 由于 $U(sp_i^3) \geq 0 (i \in \{CP, RP\})$ 并且 $U(sp_{Consumer}^2) \geq 0$, 三方安全策略 sp_{CP}^2, sp_{RP}^2 和 $sp_{Consumer}^3$ 与 $sp_j^4 (j \in \{\phi\})$ 比较都属于劣势策略, 故将被消去, 3×3 博弈模型进一步转换为 3×2 模型, 如图 3(a)所示, 此时三方策略集分别为 $\{sp_{CP}^3, sp_{CP}^4\}, \{sp_{RP}^3, sp_{RP}^4\}$ 和 $\{sp_{Consumer}^2, sp_{Consumer}^4\}$ 。明显地, 由于 Consumer 安全策略集中必定包含 $sp_{Consumer}^2$ 中的可选安全组件 CRE, 那么依据安全策

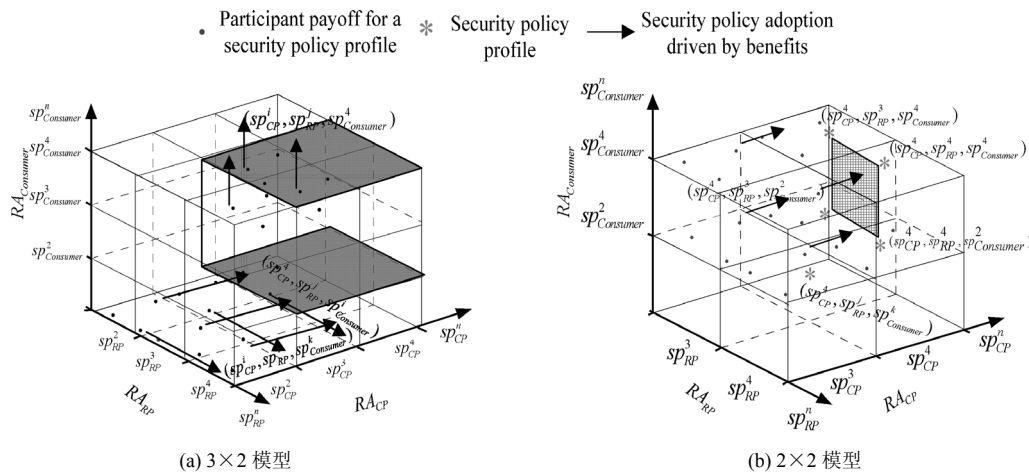


图 3 逐次降维的博弈模型

略组合的效用分析, CP 必将采用包含安全服务 *Identification* 的严格占优的安全策略 $sp_{Consumer}^4$, 即三方博弈的 Nash 均衡中最终必将包含 CP 的 $sp_{Consumer}^4$ 。这样, 3×2 模型最终被降维成为 RA_{RP} 和 $RA_{Consumer}$ 之间的 2×2 模型, 如图 3(b)所示, 它可以用简单的二维支付矩阵来进行最后博弈的求解。

在 2×2 模型中 RA_{RP} 和 $RA_{Consumer}$ 之间, 相对于两方各自策略集 $\{sp_{RP}^3, sp_{RP}^4\}$ 和 $\{sp_{Consumer}^2, sp_{Consumer}^4\}$ 所构成支付矩阵, 分析这些矩阵可得 2 方在 4 种不同安全策略组合下的实际效用函数, 以及不同条件下的两个 Nash 均衡, 即安全成本—效用最优均衡的安全策略组合, $(sp_{CP}^4, sp_{RP}^3, sp_{Consumer}^2)$ 和 $(sp_{CP}^4, sp_{RP}^4, sp_{Consumer}^4)$ 。进而, 当分别联立式(1)和式(2), 以及式(1)和式(3)成立时, 前者 Nash 均衡存在, 则可选取该安全策略组合部署 DRM 系统; 当式(1)和式(4)联立成立时, 后者均衡成立。

$$\begin{cases} 0.4041 mnu_{CP}^{PoI} - 0.1328 mnu_{CP}^{CoI} > 0 \\ 0.3160 nu_{Consumer}^{PoCRE} - 0.1353 nu_{Consumer}^{CoCRE} > 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} n(0.3253 u_{Consumer}^{PoDA} - 0.1058 u_{Consumer}^{CoDA}) - \\ 0.1176 u_{Consumer}^{CoTC} < 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{cases} n(0.3253 u_{Consumer}^{PoDA} - 0.1058 u_{Consumer}^{CoDA}) - \\ 0.1176 u_{Consumer}^{CoTC} \geq 0 \\ mn(0.3664 u_{RP}^{PoDA} - 0.1172 u_{RP}^{CoDA}) - \\ 0.1735 c_{RP}^{CoDA} \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} n(0.3253 u_{Consumer}^{PoDA} - 0.1058 u_{Consumer}^{CoDA}) - \\ 0.1176 u_{Consumer}^{CoTC} \geq 0 \\ mn(0.3664 u_{RP}^{PoDA} - 0.1172 u_{RP}^{CoDA}) - \\ 0.1735 c_{RP}^{CoDA} < 0 \end{cases} \quad (4)$$

5 结束语

本文从 DRM 不同等级安全策略的效用评估角度出发, 在各方安全成本与效用之间取得平衡。采用模糊层次分析法评估安全策略中不同安全组件与服务的效用权重, 以此来计算安全策略组合的实际效用。通过博弈论分析, 在 DRM 典型安全策略集中获得了安全成本—效用最优均衡的安全策略组合及其存在条件。内容提供商、

服务(权利)提供商和用户 3 方博弈的结果, 存在不同条件下的 2 组效用最优均衡的安全策略组合, 分别是可信计算支持的高安全性策略组合和次安全性策略组合, 而影响它们的主要参数为数字内容购买用户数及平均购买量等。进一步的工作将基于安全风险管理办法, 研究安全组件/服务的风险效用, 这将更加符合 DRM 应用中安全效用的本质。

参考文献:

- [1] FAZIO N. On Cryptographic Techniques for Digital Rights Management [D]. New York University, 2006.
- [2] 俞银燕, 汤帆. 数字版权保护技术研究综述[J]. 计算机学报, 2006, 28(12): 1957-1968.
YU Y Y, TANG Z. A Survey of the research on digital rights management[J]. Chinese Journal of Computers, 2006, 28(12):1957-1968.
- [3] PARK J, SANDHU R. The UCON_{ABC} usage control model [J]. ACM Transactions on Information and System Security, 2004, 7(1): 128-174.
- [4] JAMKHEDKAR P A, HEILEMAN G L, ORTIZ I M. The problem with rights expression languages[A]. Proceedings of 2006 ACM Workshop on Digital Rights Management[C]. Alexandria, Virginia, USA, 2006.
- [5] STEINEBACH M, HAUER E, WOLF P. Efficient watermarking strategies[A]. Proceedings of Third International Conference on Automated Production of Cross Media Content for Multi-channel Distribution[C]. 2007.
- [6] NAIR S K, POPESCU B C, GAMAGE C, et al. Enabling DRM-preserving Digital Content Redistribution[A]. Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on E-Commerce Technology[C]. 2005.
- [7] 范科峰, 莫玮, 曹山等. 数字版权管理技术及应用研究进展[J]. 电子学报, 2007, 35(6): 1139-1147.
FAN K F, MO W, CAO S, et al. Advances in digital rights management technology and application[J]. Chinese Journal of Electronics, 2007, 35(6):1139-1147.
- [8] GALLERY E, MITCHELL C J. Trusted mobile platforms[A]. A Aldini and R Gorrieri (Eds.): FOSAD 2007(LNCS 4677)[C]. 2007. 282-323.
- [9] NÜTZEL J, BEYER A. How to Increase the security of digital rights management systems without affecting consumer's Security[A]. G Müller (Ed.): ETRICS 2006(LNCS 3995). 2006. 368-380.
- [10] CONRADO C, PETKOVIC M, JONKER W. Privacy-preserving digital rights management[A]. W Jonker and M Petkovic (Eds.): SDM 2004(LNCS 3178) 2004.83-99.
- [11] HEILEMAN G, JAMKHEDKAR P, KHOURY J, et al. The DRM game[A]. Proceedings of 2007 ACM Workshop on Digital Rights

Management[C]. Alexandria, Virginia, USA, 2007.

[12] ZHANG Z Y, PEI Q Q, YANG L, *et al.* Establishing multi-party trust architecture for DRM by using game-theoretic analyses and Simulations of adoptions of security policies[J]. Chinese Journal of Electronics, 2009, 18 (3): 519-524.

[13] ZHANG Z Y, PEI Q Q, MA J F, *et al.* Cooperative and non-cooperative game-theoretic analyses of adoptions of security policies for DRM[A]. 5th IEEE International Workshop on Digital Rights Management Impact on Consumer Communications, Satellite Workshop of 6th IEEE Consumer Communications & Networking Conference[C]. Las Vegas, Nevada, USA, 2009.10-13.

[14] 吕跃进. 基于模糊一致矩阵的层次分析法的排序[J]. 模糊数学与系统, 2002, 16 (2) :79- 85.

LU Y J. Weight calculate method of fuzzy analytical hierarchy process [J]. Fuzzy Systems and Mathematics, 2002, 16 (2): 79- 85.

[15] 兰继斌, 徐扬, 霍良安等. 模糊层次分析法权重研究[J]. 系统工程理论与实践, 2006. 9: 107-112.

LAN J W, XU Y, HUO L A, *et al.* Research on the priorities of fuzzy analytical hierarchy process[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2006, 9: 107-112.

作者简介:



张志勇 (1975-), 男, 河南新乡人, 博士, 河南科技大学副教授, 主要研究方向为数字版权管理、可信计算与访问控制。



叶传奇 (1969-), 男, 湖北武汉人, 博士, 河南科技大学讲师, 主要研究方向为数字图像处理与融合、数字水印等。



范科峰 (1978-), 男, 陕西礼泉人, 博士后, 主要研究方向为数字版权管理、无线通信等。



张丽丽 (1979-), 女, 河南洛阳人, 硕士, 河南科技大学讲师, 主要研究方向为密码学及暴力破解等。



牛丹梅 (1979-), 女, 河南洛阳人, 硕士, 河南科技大学讲师, 主要研究方向为信息系统安全等。