

Μαρία Καρδάμη

Τεχνολογίες προστασίας πνευματικών δικαιωμάτων

στον ψηφιακό κόσμο

Η παρούσα εργασία υποβάλλεται προς αξιολόγηση του μαθήματος

“Ψηφιακές Βιβλιοθήκες” που διδάσκεται στα πλαίσια του

Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών

«Διοίκηση και Οργάνωση Βιβλιοθηκών με έμφαση

στις Νέες Τεχνολογίες της Πληροφορίας» του

Ιονίου Πανεπιστημίου

Τμήμα Αρχιτεκτονικής και Βιβλιοθηκονομίας

Αθήνα

Φεβρουάριος 2007

Σύνοψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναλύσει τις τεχνικές προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων των πολυμεσικών αντικειμένων σε ψηφιακές βιβλιοθήκες. Η παρούσα εργασία είναι βασισμένη στο άρθρο των Hsiao et al. (2006) “Effective Content Tracking for Digital Rights Management in Digital Libraries”, οι οποίοι θεωρούν τις υπάρχουσες τεχνολογίες ανεπαρκείς και προτείνουν ένα νεωτεριστικό τρόπο προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων, ενισχύοντας ωστόσο την αποτελεσματικότητα των υπαρχουσών τεχνολογιών.

Η έρευνα τους εστιάζει στην ανίχνευση παράνομων αντιγράφων εικόνων και βίντεο. Οι Hsiao et al. (2006) προσπαθούν μέσω της εκτέλεσης των κατάλληλων πειραμάτων να αποδείξουν πως οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν και συνεπώς η ερευνητική τους πρόταση είναι περισσότερο αποτελεσματική από συναφή επιστημονική έρευνα. Πράγματι, το σύστημα που προτείνουν είναι αρκετά ισχυρό ώστε να ανιχνεύσει παράνομα αντίγραφα που έχουν υποστεί διάφορες τροποποιήσεις ενισχύοντας και προστατεύοντας με αυτό τον τρόπο τις πνευματικές δημιουργίες των ανθρώπων που καταθέτουν τα έργα τους στις ψηφιακές βιβλιοθήκες.

Περιεχόμενα

Σύνοψη.....	2
Περιεχόμενα	3
1. Εισαγωγή.....	4
1.1 Οργάνωση της εργασίας	6
2. Ψηφιακό Υδατογράφημα - Digital Watermarking	7
3. Διαχείριση Ψηφιακών Δικαιωμάτων - Digital Rights Management.....	7
4. Content-Based Copy Detection	8
5. Effective Content Tracking for DRM system.....	9
5.1 Image Copy Detection.....	12
5.2 Video Copy Detection.....	15
6. Αναφορά σε σχετική έρευνα.....	17
7. Copyleft και Digital Restrictions Management	19
8. Επίλογος.....	20
Βιβλιογραφία.....	22

1. Εισαγωγή

Οι ψηφιακές βιβλιοθήκες αποτελούν σημαντική πηγή πληροφοριών, οι οποίες είναι καταγεγραμμένες σε ψηφιακή μορφή προερχόμενες από ψηφιοποίηση ή αποτελούν πρωτογενές ψηφιακό υλικό. Το υλικό αυτό δεν περιορίζεται αποκλειστικά σε κείμενο αλλά περιλαμβάνει μια ευρύτερη ομάδα αντικειμένων όπως, ήχος, εικόνα και βίντεο. Η πρόσβαση είναι καθολική, όπου βέβαια διατίθενται οι κατάλληλες υλικοτεχνικές υποδομές και συνδρομές, δίχως φυσικούς περιορισμούς.

Σίγουρα τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι ψηφιακές βιβλιοθήκες είναι πολλά και σημαντικά, με κυριότερο την απομακρυσμένη πρόσβαση σε αξιόπιστη και κατάλληλα οργανωμένη πληροφορία. Ωστόσο, δεν παύουν να υπάρχουν και διάφορα μειονεκτήματα, τα οποία είναι καθοριστικά για το μέλλον και την εξέλιξη των ψηφιακών βιβλιοθηκών, με σημαντικότερο από αυτά την παραβίαση των πνευματικών δικαιωμάτων στον ψηφιακό κόσμο.

Η παραβίαση των πνευματικών δικαιωμάτων αποτελεί ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζεται σε όλους τους τομείς των επιστημών και έχει τις ρίζες του σε εκατοντάδες χρόνια πριν. Ωστόσο, γίνεται ιδιαίτερα αισθητό στην σημερινή εποχή, όπου η διάδοση και ραγδαία εξέλιξη των νέων τεχνολογιών καθιστούν ιδιαίτερος εύκολη την αντιγραφή, αναπαραγωγή και την εν γένει “κακή χρήση” του ψηφιακού υλικού. Για παράδειγμα, μία ψηφιακή φωτογραφία που ανακτήθηκε από έναν χρήστη είναι δυνατό μέσα σε λίγα λεπτά να αποσταλεί σε αμέτρητους χρήστες του διαδικτύου ή να αλλοιωθεί και να παρουσιαστεί ως νέα δική του δημιουργία.

Στο φυσικό κόσμο ένα αντίγραφο σίγουρα έχει μειωμένη ποιότητα από αυτήν του πρωτοτύπου. Αντιθέτως, στον ψηφιακό κόσμο ουσιαστικά δεν υπάρχουν αντίγραφα, καθώς η αντιγραφή δεν συνοδεύεται από μειωμένη ποιότητα του αντικειμένου.

Εάν ένα τέτοιο πρόβλημα δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα και αποτελεσματικά, οι ψηφιακές βιβλιοθήκες κινδυνεύουν να έχουν σοβαρές ελλείψεις και απώλειες σε υλικό, καθώς πολλοί από τους δημιουργούς θα είναι απρόθυμοι να καταθέσουν τη δημιουργία τους σε αυτές γνωρίζοντας πως τα πνευματικά τους δικαιώματα θα παραβιαστούν.

Για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος έχουν ήδη προταθεί και βρίσκονται σε εφαρμογή διάφορες μέθοδοι και τεχνολογίες, όπως τα ψηφιακά υδατόσημα (digital watermarks) και τα περιβάλλοντα ελέγχου της πρόσβασης σε ψηφιακό περιεχόμενο βασισμένα στην τεχνολογία DRM – Διαχείριση Ψηφιακών Δικαιωμάτων (Digital Rights Management).

Ωστόσο, οι συγκεκριμένες τεχνολογίες παρουσιάζουν διάφορα μειονεκτήματα και αφήνουν περιθώρια παραβίασης των πνευματικών δικαιωμάτων των δημιουργών ψηφιακού υλικού. Οι Hsiao et al. (2006) αναγνωρίζουν πως υπάρχει ο κίνδυνος της περιορισμένης ή και μη δημοσίευσης πληροφοριών σε ψηφιακές βιβλιοθήκες καθώς οι δημιουργοί υφίστανται απώλεια χρημάτων και αποδυναμώνονται ως δημιουργοί.

Με στόχο την αποτροπή του παραπάνω κινδύνου οι Hsiao et al. (2006) στο άρθρο τους “Effective content tracking for digital rights management in digital libraries” αναλύουν μία καινοτόμο μέθοδο προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων στον ψηφιακό κόσμο εστιάζοντας την έρευνά τους στα πολυμεσικά ψηφιακά αντικείμενα, όπως ψηφιακές φωτογραφίες και βίντεο. Η ερευνητική τους πρόταση

αφορά στη δημιουργία ενός συστήματος, το οποίο βασίζεται ουσιαστικά στις δύο τεχνολογίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, τα ψηφιακά υδατόσημα και την τεχνολογία DRM. Το σύστημα που προτείνουν λειτουργεί σε συνεργασία με τις δύο αυτές τεχνολογίες και αποτελεί ουσιαστικά μια δεύτερη γραμμή προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων των δημιουργών.

1.1 Οργάνωση της εργασίας

Η παρούσα εργασία, ύστερα από μια σύντομη εισαγωγή στα θέματα με τα οποία θα καταπιαστεί, παρουσιάζει τις σχετικές τεχνολογίες που έχουν προταθεί για την προστασία των ψηφιακών πνευματικών δικαιωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η δεύτερη ενότητα αναλύει την ψηφιακή υδατογράφηση, η τρίτη την τεχνολογία DRM, ενώ στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζεται μια νέα μέθοδος προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων, η οποία χρησιμοποιεί το ίδιο το αντικείμενο για να ανιχνεύσει πιθανά παράνομα αντίγραφα. Η πέμπτη ενότητα αναλύει την ερευνητική πρόταση των Hsiao et al. (2006) και τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους, ενώ η έκτη αναφέρεται σε σχετική με το ζήτημα έρευνα. Οι δύο τελευταίες ενότητες συγκεντρώνουν προβληματισμούς και συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία.

2. Ψηφιακό Υδατογράφημα - Digital Watermarking

Τα ψηφιακά υδατόσημα, τα οποία χαρακτηρίζονται ως αναγνωριστικοί κωδικοί που φέρουν πληροφορίες για τον ιδιοκτήτη των πνευματικών δικαιωμάτων, αφορούν στην ενσωμάτωση ενός αόρατου ή και ορατού σημείου – υδατοσήμου στο ψηφιακό αντικείμενο (εικόνα ή βίντεο), το οποίο στη συνέχεια είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων και σε περίπτωση παραβίασης να εξαχθεί από τον κάτοχό του με στόχο την απόδειξη της ιδιοκτησίας (Kong et al. 2003). Επίσης, τα ψηφιακά υδατόσημα παρέχουν αποδεικτικά στοιχεία για την ύπαρξη παραβίασης των πνευματικών δικαιωμάτων. Ωστόσο, δεν είναι λίγα τα μειονεκτήματα που συνδέονται μαζί τους. Για παράδειγμα, η ποιότητα του ψηφιακού αντικειμένου μπορεί να μειωθεί, ενώ δεν είναι δυνατό να εξασφαλισθεί η ακεραιότητα του υδατοσήμου, καθώς κακόβουλοι χρήστες με τα κατάλληλα μέσα μπορούν να το αφαιρέσουν (Hsiao et al. 2006).

3. Διαχείριση Ψηφιακών Δικαιωμάτων - Digital Rights Management

Εκτός από τα ψηφιακά υδατόσημα, μια άλλη τεχνολογία που είναι υπεύθυνη για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων στον ψηφιακό κόσμο είναι η τεχνολογία γνωστή ως “Διαχείριση Ψηφιακών Δικαιωμάτων” - Digital Rights Management (DRM). Βασικός στόχος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι να εξασφαλίσει ότι η πρόσβαση σε ένα προστατευμένο από copyright ψηφιακό αντικείμενο γίνεται μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες και σύμφωνα πάντα με τους κανόνες και όρους πρόσβασης που έχει θέσει ο δημιουργός (Lin et al. 2005). Ωστόσο, ένα σύστημα βασιζόμενο στην τεχνολογία DRM δεν περιορίζεται μόνο στον παραπάνω στόχο, αλλά είναι υπεύθυνο

και για την αποτροπή δημιουργίας μη νόμιμων αντιγράφων (copy protection) και για την παροχή ενός μηχανισμού ικανού να ανιχνεύσει και να εξακριβώσει την ύπαρξη παράνομων αντιγράφων ενός ψηφιακού αντικειμένου (content tracking) (Lin et al. 2005).

Ωστόσο, οι Hsiao et al. (2006) υποστηρίζουν πως και η τεχνολογία DRM εμφανίζει σοβαρά μειονεκτήματα, όπως για παράδειγμα το γεγονός ότι ένας εξουσιοδοτημένος χρήστης αφού περάσει το στάδιο της αυθεντικοποίησης μπορεί στη συνέχεια να αποστείλει σε άλλους τα ψηφιακά αντικείμενα.

4. Content-Based Copy Detection

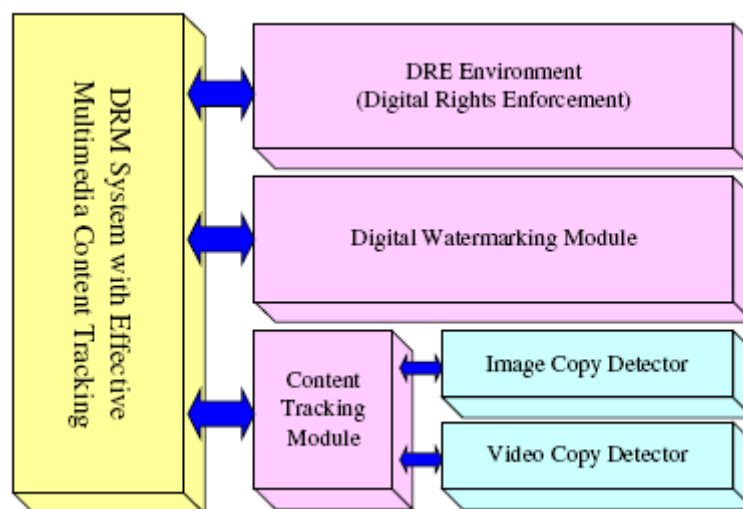
Η νέα τάση στην προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων αφορά στη χρήση του ίδιου του ψηφιακού αντικειμένου για την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων. Η νέα αυτή μέθοδος λειτουργεί συμπληρωματικά και σε συνεργασία με τα παραδοσιακά συστήματα βασισμένα στην τεχνολογία DRM. Η ιδέα είναι απλή και υποστηρίζει πως αντί να ενσωματώσουμε επιπρόσθετη πληροφορία στο ψηφιακό αντικείμενο, χρησιμοποιούμε τα υπάρχοντα χαρακτηριστικά (features) του αντικειμένου με στόχο την ανίχνευση πιθανών παράνομων αντιγράφων. Ένα σύστημα που χρησιμοποιεί το ίδιο το ψηφιακό αντικείμενο για την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων λειτουργεί ως εξής: αρχικά εξάγει χαρακτηριστικά (features) από το πρωτότυπο αντικείμενο και εν συνεχεία τα συγκρίνει με χαρακτηριστικά (features) εξαγόμενα από το πιθανώς παράνομο αντίγραφο. Με αυτό τον τρόπο διακρίνει και πιστοποιεί την ύπαρξη παράνομων αντιγράφων (Hsiao et al. 2006).

5. Effective Content Tracking for DRM system

Όσον αφορά στην προστασία των ψηφιακών εικόνων έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές, οι οποίες όμως εστιάζουν στην ανεύρεση ενός και μοναδικού χαρακτηριστικού (feature), το οποίο θα αντιστέκεται σε κάθε είδους αλλοίωση που μπορεί να δεχτεί μια εικόνα. Ωστόσο, οι Hsiao et al. (2006) διαπιστώνουν πως είναι ιδιαίτερος δύσκολο να υπάρξει ένα μόνο κοινώς αποδεκτό χαρακτηριστικό (feature) και συνεπώς απορρίπτουν αυτή την τεχνική. Το ίδιο πιστεύουν και για την προστασία βίντεο, καθώς οι υπάρχουσες τεχνικές δεν είναι σε θέση να χειριστούν αλλοιώσεις που αφορούν για παράδειγμα σε χρονικές παραλλαγές π.χ. fast and slow motion.

Επιπλέον, οι Hsiao et al. (2006) θεωρούν πως οι τεχνολογίες που εξετάστηκαν παραπάνω είναι ανεπαρκείς, καθώς αφήνουν πολλά περιθώρια παραβίασης των πνευματικών δικαιωμάτων. Συνεπώς, η έρευνά τους εστιάζει στην προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος με στόχο να ξεπεραστούν οι αδυναμίες των παραπάνω τεχνολογιών. Η ερευνητική τους πρόταση περιλαμβάνει μια καινοτόμο αρχιτεκτονική, η οποία “ενσωματώνει ένα DRM σύστημα με έναν αποτελεσματικό μηχανισμό παρακολούθησης των ψηφιακών αντικειμένων” (Hsiao et al. 2006). Το προτεινόμενο DRM σύστημα, το οποίο απεικονίζεται στο Σχήμα 1, αποτελείται ουσιαστικά από τρία τμήματα.

Στο πρώτο τμήμα ανήκει ένα περιβάλλον εφαρμογής των ψηφιακών δικαιωμάτων (Digital Rights Enforcement (DRE) Environment), στο δεύτερο το ψηφιακό υδατόσημο, ενώ το τρίτο τμήμα περιλαμβάνει την παρακολούθηση της πορείας του περιεχομένου στο διαδίκτυο.



Σχήμα 1: Γενική επισκόπηση της αρχιτεκτονικής του προτεινόμενου συστήματος.

Πηγή: Hsiao et al. (2006). Effective content tracking for digital rights management in digital libraries

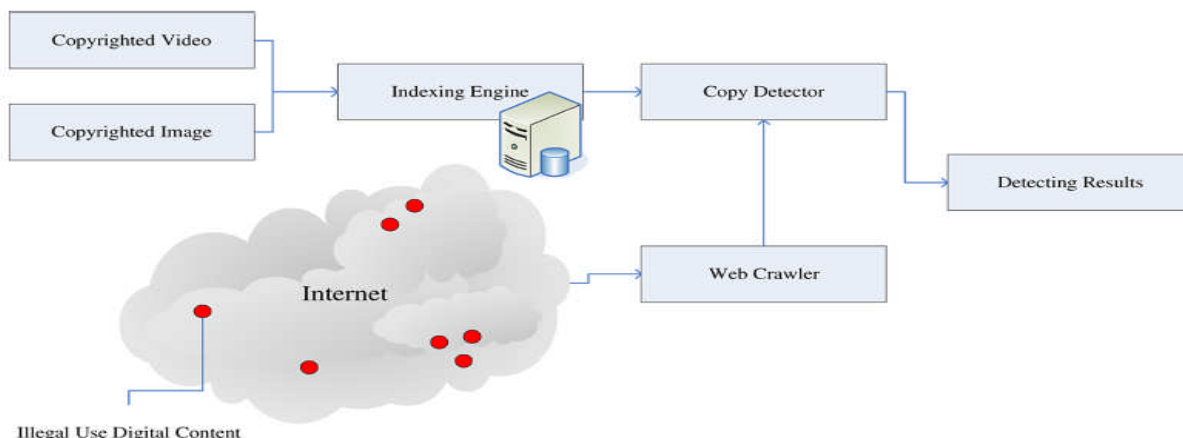
Το σύστημα που προτείνουν οι Hsiao et al. (2006) λειτουργεί ως εξής:

1. Αρχικά το σύστημα συσκευάζει (packages) το περιεχόμενο με ασφάλεια, ενώ το DRE περιβάλλον εξασφαλίζει την εφαρμογή των όρων πρόσβασης και χρήσης που έχει θέσει ο δημιουργός του αντικειμένου. Με στόχο την προστασία των ψηφιακών δικαιωμάτων χρησιμοποιούν μια τεχνική γνωστή ως wrapper-based DRE technique. Όταν ο χρήστης “κατεβάζει” (downloads) ψηφιακό περιεχόμενο από το διαδίκτυο και το βλέπει σε έναν φυλλομετρητή (browser) η παραπάνω τεχνική παρακολουθεί τη συμπεριφορά του χρήστη. Αν ο χρήστης παραβιάσει τους κανόνες χρήσης ή αρνηθεί να τεθεί υπό παρακολούθηση τότε το ψηφιακό αντικείμενο αυτομάτως καθίσταται μη διαθέσιμο.

2. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται ένα αόρατο ψηφιακό υδατόσημο το οποίο ενσωματώνεται στο ψηφιακό αντικείμενο. Σε περίπτωση παραβίασης των πνευματικών δικαιωμάτων ο δημιουργός και κάτοχος του αντικειμένου είναι δυνατόν να εξάγει το υδατόσημο ώστε να αποδείξει την πνευματική του ιδιοκτησία.
3. Προκειμένου να εξασφαλισθεί μια δεύτερη γραμμή προστασίας του αντικειμένου επιστρατεύεται η δυνατότητα παρακολούθησης της πορείας του περιεχομένου, η οποία διακρίνεται σε δύο τμήματα. Εξ' αυτών το πρώτο αφορά στην ανίχνευση παράνομων αντιγράφων εικόνων, ενώ το δεύτερο στην ανίχνευση παράνομων αντιγράφων βίντεο. Η δυνατότητα αυτή σε συνδυασμό με έναν web crawler είναι δυνατό να ανιχνεύσει αυτόματα την παράνομη χρήση του αντικειμένου στο διαδίκτυο.

Προκειμένου το σύστημα αυτό να λειτουργήσει το προστατευόμενο από copyright ψηφιακό αντικείμενο πρέπει πρώτα να καταχωρισθεί σε μία βάση δεδομένων¹. Εν συνεχεία ο ανιχνευτής παράνομων αντιγράφων εικόνων και βίντεο ακολουθεί μια διαδικασία αντιστοίχισης των χαρακτηριστικών (features) των πρωτότυπων αντικειμένων με χαρακτηριστικά (features) των πιθανώς παράνομων αντικειμένων και εύκολα μπορεί να διακρίνει εάν ένα αντικείμενο είναι αντίγραφο ή όχι. Η παραπάνω διαδικασία αντικατοπτρίζεται λεπτομερώς στο Σχήμα 2.

¹ Προκειμένου η διαδικασία της ανίχνευσης να είναι ταχύτερη μόνο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (features) από το αντικείμενο αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων.



Σχήμα 2: Διάγραμμα λειτουργίας του συστήματος ανίχνευσης παράνομων αντιγράφων.

Πηγή: Hsiao et al. (2006). Effective content tracking for digital rights management in digital libraries

Ο ανιχνευτής αντιγράφων εικόνων και βίντεο συγκρίνει το πρωτότυπο με το πιθανό αντίγραφο και διαπιστώνει αν το ύποπτο ψηφιακό υλικό είναι παράνομο. Για να εξακριβωθεί ότι η συγκεκριμένη διαδικασία είναι αποτελεσματική οι Hsiao et al. (2006) πραγματοποίησαν μια σειρά πειραμάτων για εικόνες και βίντεο. Η μέθοδος που ακολούθησαν και τα αποτελέσματα της έρευνας τους αναλύονται στα παρακάτω υποκεφάλαια για τις εικόνες και το βίντεο ξεχωριστά.

5.1 Image Copy Detection

Η ανίχνευση αντιγράφων εικόνων επιτυγχάνεται με την χρήση ανιχνευτών αντιγράφων, οι οποίοι βασίζονται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (features) των εικόνων. Ερευνητές έχουν προσπαθήσει να ορίσουν ένα κοινώς αποδεκτό χαρακτηριστικό (feature) των εικόνων για την ανίχνευση αντιγράφων δίχως επιτυχία όμως, διότι, είναι ιδιαίτερος δύσκολο να υπάρξει ένα μοναδικό χαρακτηριστικό

(feature) το οποίο θα είναι ικανό να αντιστέκεται σε κάθε προσπάθεια αλλοίωσης της εικόνας και παραβίασης των πνευματικών δικαιωμάτων. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε πως κάθε είδους τροποποίηση της εικόνας, ακόμα για παράδειγμα και μερική περιστροφή, θεωρείται παραβίαση των πνευματικών δικαιωμάτων.

Οι Hsiao et al. (2006), διακρίνοντας τις δυσκολίες μιας τέτοιας προσέγγισης υιοθέτησαν μια διαφορετική μέθοδο, η οποία βασίζεται στη δημιουργία πιθανών σεναρίων παραβίασης των πνευματικών δικαιωμάτων μελετώντας τις διάφορες “εικονικές επιθέσεις” (virtual attacks) προς το ψηφιακό αντικείμενο. Τέτοιου είδους “επιθέσεις” (attacks) είναι η επεξεργασία του σήματος της εικόνας, η γεωμετρική επεξεργασία (μεγέθυνση, σμίκρυνση, περικοπή, περιστροφή) και η συμπίεση.

Προκειμένου οι Hsiao et al. (2006) να αποδείξουν την αξιοπιστία της ερευνητικής τους πρότασης διεξήγαγαν ορισμένα πειράματα. Αρχικά καταχώρισαν σε μια βάση δεδομένων εκατό προστατευόμενες από copyright εικόνες, τις οποίες και χρησιμοποίησαν ως ερωτήματα με στόχο να προσδιορίσουν το ποσοστό των αλλοιωμένων εικόνων που θα ανιχνεύσει το σύστημα που προτείνουν. Εν συνεχεία, αλλοίωσαν τις πρωτότυπες εικόνες με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα περικοπή, συμπίεση και περιστροφή, αλλά χρησιμοποίησαν και νέες “επιθέσεις” (attacks) που βασίζονται σε συνδυασμό των παραπάνω. Συνεπώς δημιουργήθηκε ένα νέο σύνολο παραποιημένων εικόνων, οι οποίες σε συνδυασμό με τις πρωτότυπες και άλλες 15.000 εικόνες αποτέλεσαν το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για τα πειράματα. Ως μέτρο σύγκρισης χρησιμοποίησαν το DCT ordinal measure και έπειτα από εκτέλεση των πειραμάτων αρκετές φορές απέδειξαν πως το πλαίσιο που προτείνουν έχει σαφώς

καλύτερες επιδόσεις από την πρώτη προσέγγιση και είναι δυνατό να αναγνωρίσει μεγάλο ποσοστό αλλοιωμένων εικόνων.

Στον Πίνακα 1 αναλύεται με περισσότερες λεπτομέρειες η απόδοση του προτεινόμενου συστήματος. Στην πρώτη στήλη διακρίνεται εάν το είδος της τροποποίησης είναι ήδη γνωστό στο σύστημα ή όχι. Η δεύτερη στήλη αφορά στα “μοντέλα επιθέσεων” (attack models), ενώ ο αριθμός δίπλα από κάθε μοντέλο αντιπροσωπεύει πόσες φορές εφαρμόστηκε η συγκεκριμένη αλλοίωση στην εικόνα. Εν συνεχεία, για κάθε εικόνα που συμμετείχε στο πείραμα η σχέση “m(n)” αντιπροσωπεύει τον αριθμό των αντιγράφων που ανίχνευσε η προτεινόμενη μέθοδος Gaussian Mixture Classifier with EFS) - m - και τον αριθμό που ανίχνευσε η μέθοδος DCT ordinal measures - n - αντίστοιχα.

Pre-learned	Testing Item	Container	Rare Book	Painting
✓	Convolution Filtering * 2	2(2)	2(2)	2(2)
✓	JPEG * 14	14(14)	14(14)	14(14)
✓	Median Filtering * 4	4(4)	4(4)	4(4)
✓	Noise * 12	12(10)	12(9)	12(8)
	Self-Similarities * 3	3(3)	3(3)	3(3)
	PSNR * 10	10(10)	10(10)	10(10)
✓	Scaling * 10	10(10)	10(10)	10(10)
✓	Cropping * 13	9(1)	8(2)	11(0)
✓	Rotation * 18	17(0)	16(0)	18(0)
	Affine * 8	7(7)	8(6)	7(6)
	Removing Lines * 10	10(8)	10(8)	10(8)
	RRS * 10	9(1)	9(1)	9(0)
	RC * 10	9(1)	9(1)	9(0)
Recognition Rate (DCT ordinal measures)		$(71+70+65) / (124*3) = 55.38\%$		
Recognition Rate (Gaussian Mixture Classifier with EFS)		$(116+115+119) / (124*3) = 94.07\%$		

Πίνακας 1: Αποτελέσματα πειράματος για την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων εικόνων

Πηγή: Hsiao et al. (2006). Effective content tracking for digital rights management in digital libraries

Η μέθοδος που προτείνουν οι Hsiao et al. (2006) είναι περισσότερο αποτελεσματική όσον αφορά στην ανίχνευση αντιγράφων σε σύγκριση με σχετική έρευνα που χρησιμοποιεί διαφορετική μέθοδο. Επίσης, παρατηρούμε πως στην περίπτωση που το σύστημα γνωρίζει από πριν το είδος της αλλοίωσης η απόδοσή του είναι ιδιαίτερος υψηλή. Ωστόσο, ανταποκρίνεται ικανοποιητικά ακόμη και στην περίπτωση που δεν γνωρίζει εξ' αρχής τις συγκεκριμένες αλλοιώσεις και υπερέχει σε κάθε περίπτωση της μεθόδου DCT ordinal measures.

5.2 Video Copy Detection

Οι Hsiao et al. (2006) επέκτειναν την έρευνα τους και στην ανίχνευση παράνομων αντιγράφων βίντεο. Σε αυτή την περίπτωση αυτό που μας ενδιαφέρει είναι εάν ένα δεδομένο βίντεο έχει ενσωματωθεί σε ένα άλλο, το οποίο θεωρείται παράνομο αντίγραφο του πρώτου. Αν πράγματι ισχύει αυτό τότε πρέπει να εντοπισθεί και η θέση του. Το προτεινόμενο σύστημα ανίχνευσης αντιγράφων βίντεο είναι υπεύθυνο για 3 βήματα: απομόνωση των βασικών καρέ (key frame extraction), επιλογή του υποψήφιου καρέ (candidate clip selection) και ανίχνευση της χρονικής αλληλουχίας των καρέ (sequence matching). Ειδικότερα, από το πρωτότυπο και το αντίγραφο βίντεο απομονώνονται μόνο τα βασικά καρέ, ενώ από αυτά εξάγονται δευτερεύοντα στα οποία και τελικώς εφαρμόζεται το σύστημα ανίχνευσης παράνομων αντιγράφων. Το σύστημα αυτό βασίζεται στον αλγόριθμο Dynamic Time Warping (DTW) και υπολογίζει την ομοιότητα μεταξύ του πρωτότυπου και του υποψήφιου (παράνομου) καρέ.

Με στόχο την απόδειξη της αποτελεσματικότητας του προτεινόμενου συστήματος διεξήγαγαν ένα επιπλέον πείραμα για την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων βίντεο αυτή τη φορά. Το δείγμα περιελάμβανε 106.333 καρέ σε μορφή

MPEG-1 NTSC. Τα δεδομένα αυτά αλλοιώθηκαν και δημιουργήθηκαν για κάθε πρωτότυπο βίντεο οκτώ αντίγραφα με διαφορετική όμως φωτεινότητα, ανάλυση, ταχύτητα κ.α. Εν συνεχεία, επέλεξαν τυχαία 100 βίντεο κλιπ από κάθε τύπο αντιγράφου, δηλαδή, χρησιμοποίησαν στο σύνολο 800 κλιπ. Τα αποτελέσματα του πειράματος τα σύγκριναν με τις προσεγγίσεις των Hua (2004) και Kim (2005) και για άλλη μια φορά αποδείχθηκε πως το προτεινόμενο σύστημα στο σύνολό του είναι πιο αποτελεσματικό από τα δύο προηγούμενα.

Στον παρακάτω πίνακα αναλύεται επακριβώς η απόδοση του προτεινόμενου συστήματος και η συμπεριφορά του απέναντι στις διάφορες “επιθέσεις” (attacks) σε σύγκριση με την απόδοση των συστημάτων των Hua και Kim. Για κάθε είδος τροποποίησης παρουσιάζεται το ποσοστό επιτυχίας του κάθε συστήματος στην ανίχνευση παράνομων αντιγράφων βίντεο.

	Brightness Equalization	176×120	10fps	15fps	0.5×	2×	Hybrid	
Hua	89.98	94.87	90.13	94.25	96.01	53.27	75.94	65.52
Kim	93.61	95.89	93.14	76.54	85.90	25.86	43.30	40.27
Proposed	94.26	96.19	94.24	93.87	95.60	83.55	94.06	83.38

Πίνακας 2: Αποτελέσματα πειράματος για την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων βίντεο

Πηγή: Hsiao et al. (2006). Effective content tracking for digital rights management in digital libraries

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος η μέθοδος των Hsiao et al. (2006) λειτουργεί σχετικά καλύτερα από αυτές των Hua και Kim, όσον αφορά στις “επιθέσεις” (attacks) φωτεινότητας και αλλαγής του μεγέθους του καρέ. Όσον αφορά στις αλλαγές στην ταχύτητα του καρέ η προτεινόμενη μέθοδος αποδίδει καλύτερα από αυτήν του

Kim, αλλά σχετικά χειρότερα από τη μέθοδο του Hua. Συμπερασματικά, η μέθοδος των Hsiao et al. (2006) στο σύνολό της υπερέχει των άλλων δύο και είναι σε θέση να ανιχνεύσει παράνομα αντίγραφα τα οποία έχουν υποστεί όχι μόνο χρονικές (temporal) αλλά και χωρικές (spatial) αλλαγές.

6. Αναφορά σε σχετική έρευνα

Η ερευνητική πρόταση των Hsiao et al. (2006) απέδειξε πως είναι ικανή να ξεπεράσει τα προβλήματα που προκύπτουν από την ανεπάρκεια άλλων μεθόδων προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων στον ψηφιακό κόσμο. Η παραβίαση των πνευματικών δικαιωμάτων είναι δυνατό να μειωθεί σημαντικά εάν χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη μέθοδος, η οποία αποδεικνύεται πειραματικά ότι είναι πιο ακριβής και αποτελεσματική από παρόμοιες μεθόδους.

Ωστόσο, η εργασία των Hsiao et al. (2006), όπως είναι φυσικό, δεν είναι η μόνη που διαπραγματεύεται το θέμα της προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων εικόνων και βίντεο. Επίσης, η έρευνα τους δεν είναι εξαντλητική, και δεν είναι εφικτό να παρουσιασθεί ως τέτοια, καθώς υπάρχει πλήθος τροποποιήσεων που μπορεί να εκτελέσει ένας χρήστης σε ένα ψηφιακό αντικείμενο και να παραβιάσει με αυτό τον τρόπο τα πνευματικά δικαιώματα του δημιουργού.

Οι Hsiao et al. (2006) διεξήγαγαν πειράματα χρησιμοποιώντας μερικές από τις πιο διαδεδομένες “επιθέσεις” (attacks), όπως περιστροφή και περικοπή, καθώς και συνδυασμό αυτών, ωστόσο υπάρχει ευρεία γκάμα “επιθέσεων” (attacks), τις οποίες διαπραγματεύονται συναφείς ερευνητικές εργασίες. Όλες οι ερευνητικές εργασίες έχουν ως στόχο την πρόταση μεθόδων και τεχνικών για την όσο το δυνατό αποτελεσματικότερη προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων των δημιουργών στον

ψηφιακό κόσμο. Ωστόσο, κάθε φορά επιστρατεύονται διαφορετικές μέθοδοι, τεχνικές και αλγόριθμοι.

Ο Kim (2003) στο άρθρο του “Content-based image copy detection” προτείνει έναν αλγόριθμο για την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων για εικόνες. Εν συνεχεία, οι Wu, Lin και Chang (2005) στο άρθρο τους με τίτλο “Image copy detection with rotating tolerance” συγκρίνουν τον αλγόριθμο του Kim με το δικό τους, ενώ επιλύουν δυσκολίες που δεν κατάφερε να ξεπεράσει ο Kim όσον αφορά στην περιστροφή εικόνων κατά 180°.

Το 2004 οι Hua, Chen, και Zhang στο άρθρο τους με τίτλο “Robust video signature based on ordinal measure” πρότειναν ένα μοναδικό και ιδιαίτερος αποτελεσματικό σχήμα υπογραφής βίντεο με στόχο την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων βίντεο που έχουν υποστεί διάφορες χωρικές και χρονικές αλλοιώσεις.

Επίσης, ο Kim σε συνεργασία με τον Vasudev (2005) ασχολείται μετά από δύο χρόνια έρευνας και με την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων βίντεο. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους αναλύονται στο άρθρο που τιτλοφορείται “Spatiotemporal sequence matching for efficient video copy detection”.

Οι Hsiao et al. (2006) βασιζόμενοι στην προαναφερθείσα έρευνα συγκρίνουν το δικό τους αλγόριθμο με αυτούς των Kim και Hua και αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα του συστήματός τους.

7. Copyleft και Digital Restrictions Management

Η έρευνα για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων τόσο σε θεωρητικό, νομικό και τεχνολογικό επίπεδο συνεχίζεται αδιάκοπα καθώς η ανάγκη αυτή γίνεται ολοένα και περισσότερο επιτακτική, ώστε οι δημιουργοί να συνεχίσουν να καταθέτουν τις δημιουργίες τους σε ψηφιακές βιβλιοθήκες. Παράλληλα έντονη όμως είναι και η άποψη πως καλλιτεχνικές δημιουργίες, λογισμικό και γενικότερα κάθε είδους πόρος δεν πρέπει να συνοδεύεται από το σύμβολο του copyright ©, αλλά να είναι ελεύθερα προσβάσιμο από όλους δίχως διακρίσεις.

Συγκεκριμένα το Free Software Foundation (2006) χρησιμοποιεί τον όρο copyleft στη θέση του όρου copyright. Ο όρος copyleft χρησιμοποιείται για λογισμικό, το οποίο διατίθεται συνήθως δωρεάν και είναι ανοικτού κώδικα (open source). Επιπλέον, το Free Software Foundation (χ.χ.) έχει αντικαταστήσει τον όρο Digital Rights Management με τον όρο Digital Restrictions Management, εννοώντας πως η τεχνολογία DRM έχει ως μόνο σκοπό την επιβολή περιορισμών στη χρήση ψηφιακού υλικού που έχουν θέσει οι εταιρίες και οι δημιουργοί και μάλιστα δίχως τη συναίνεση του χρήστη.

Επίσης, συχνά χρησιμοποιείται και ο όρος digital dilemma, ο οποίος αναδεικνύει το πρόβλημα της περιορισμένης πρόσβασης ακόμα και σε εξουσιοδοτημένους χρήστες ενάντια στην καλύτερη προστασία των συμφερόντων των δημιουργών (National Academy of Sciences, 2000).

Είναι προφανές πως με τόσους περιορισμούς η έρευνα, η ανάπτυξη, ο πολιτισμός και η κουλτούρα δεν προωθούνται. Οι βιβλιοθήκες και ειδικότερα οι ψηφιακές, που στόχο έχουν την αδιάκοπη παροχή πληροφοριών, πολλές φορές λόγω περιορισμών

copyright δεν είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν πλήρως τις κοινότητες των χρηστών τους, δυσχεραίνοντας με αυτό τον τρόπο την προώθηση της έρευνας.

8. Επίλογος

Η προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων των δημιουργών ψηφιακών αντικειμένων παρουσιάζει σημαντικές τεχνολογικές προκλήσεις, τις οποίες δεν έχουν επιλύσει μέχρι στιγμής οι υπάρχουσες επιστημονικές προσεγγίσεις. Οι Hsiao et al. (2006) απέδειξαν πως το ενιαίο πλαίσιο προστασίας του ψηφιακού περιεχομένου των ψηφιακών βιβλιοθηκών που προτείνουν αποτελεί τη λύση στα προβλήματα που θέτει η φύση του σύγχρονου ψηφιακού κόσμου (εύκολη και γρήγορη αντιγραφή, επεξεργασία αντικειμένων με απλά εργαλεία που δεν απαιτούν εξειδικευμένη γνώση κ.α).

Το πλαίσιο αυτό αποτελείται από τρεις ζώνες ασφαλείας που προστατεύουν τα δικαιώματα του δημιουργού και είναι δυνατό να ανιχνεύσουν την παράνομη διακίνηση προστατευμένων από copyright αντικειμένων στο διαδίκτυο. Επίσης, τα πειράματα που διεξήγαγαν απέδειξαν πως οι τεχνικές ανίχνευσης αντιγράφων που προτείνουν είναι πιο αξιόπιστες από τις υπάρχουσες τεχνικές και προσεγγίσεις. Σύμφωνα πάντοτε με τους Hsiao et al. (2006) εάν εφαρμοσθεί το προτεινόμενο πλαίσιο η κατάχρηση του ψηφιακού περιεχομένου μπορεί να αποτραπεί ή τουλάχιστον να παρεμποδιστεί και με αυτό τον τρόπο να μειωθεί η παραβίαση των πνευματικών δικαιωμάτων στον ψηφιακό κόσμο.

Εν κατακλείδι, όσο αποτελεσματικά και αν είναι τα προτεινόμενα συστήματα προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων η τεχνολογία δεν είναι σε θέση να προστατεύσει πλήρως τα έργα των δημιουργών. Επίσης, το γεγονός ότι οι χρήστες εξοικειώνονται περισσότερο με την τεχνολογία και ανακαλύπτουν νέες ιδέες για την

παραβίαση των πνευματικών δικαιωμάτων σε συνδυασμό με τις θεωρητικά άπειρες δυνατότητες παραβίασης των πνευματικών δικαιωμάτων, καθιστούν ανέφικτη την ολοκληρωτική προστασία των δημιουργών και των ψηφιακών τους έργων.

Βιβλιογραφία

Free Software Foundation. (χ.χ). “DRM.info - Digital Restrictions Management (DRM)” [Ιστοσελίδα]. <<http://www.drm.info/>>.

Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης 13 Ιανουαρίου 2007.

Free Software Foundation. (2006). “What is Copyleft?” [Ιστοσελίδα].

<<http://www.gnu.org/copyleft/>>.

Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης 13 Ιανουαρίου 2007.

Hsiao, J. H. et al. (2006). “Effective content tracking for Digital Rights

Management in Digital Libraries”, *ECDL 2006, Lecture notes in computer science (LNCS)*, 4172, pp. 415 – 425.

Hua, X. S., Chen, X. and Zhang, H. J. (2004). “Robust video signature based on ordinal measure”, *International Conference on Image Processing ICIP 2004*, Vol 1, pp. 685-688.

Kim, C. (2003). “Content-based image copy detection”, *Signal Processing: Image Communication*, Vol 18, No. 3, pp. 169-184.

Kim, C. and Vasudev, B. (2005) “Spatiotemporal sequence matching for efficient video copy detection”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 127-132.

Kong, X. et al. (2003). “Object watermarks for digital images and video”, *Image and Vision Computing*, Vol. 22, No. 8, pp. 583–595.

Lin, E. T. et al. (2005). “Advances in digital video content protection”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 93, No. 1, pp. 171-183.

National Academy of Sciences. (2000). “The Digital Dilemma Intellectual Property in the Information Age” [Ιστοσελίδα].

<http://books.nap.edu/html/digital_dilemma/>. Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης 13 Ιανουαρίου 2007.

Wu, M., Lin, C. and Chang, C. (2005) “Image copy detection with rotating tolerance”, *Computational intelligence and security (CIS) 2005, Lecture notes in computer science LNCS*, 3801, pp. 464 – 469.