ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ :

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΣΑΛΟΥΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Α.Μ. 452

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ :
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ»

ΠΑΤΡΑ
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2008

Στη Θεοδοσία,

Περίληψη

Η δημιουργία, παρουσίαση και ανταλλαγή της πληροφορίας όπως, επίσης, και η συλλογή, οργάνωση και αποθήκευση των μέσων πληροφορίας είναι εργασίες που επιτελούνται από τον άνθρωπο από τον καιρό της ύπαρξής του. Αυτό που καθιστά το πρόβλημα μεγαλύτερο και δυσκολότερο για την σημερινή κοινωνία της πληροφορίας είναι η διαχείριση της ποσότητας της πληροφορίας σε ψηφιακή μορφή (ψηφιακό περιεχόμενο), η ταχύτητα με την οποία αναπαράγεται και οι τρόποι με τους οποίους παρουσιάζεται, ανταλλάσσεται, οργανώνεται και αποθηκεύεται. Η εδραίωση του Παγκόσμιου Ιστού έχει επηρεάσει δραματικά όλες αυτές τις δραστηριότητες παρέχοντάς μας νέα εργαλεία και μορφές διαχείρισης και διάθεσης του ψηφιακού υλικού. Τόσο η δημιουργία ψηφιακού περιεχομένου από έναν συνεχώς αυξανόμενο αριθμό αναλογικών και ψηφιακών πηγών όσο και η ανάγκη αναπαράστασής του σε μια ατέλειωτη λίστα διαφορετικών μορφών και τύπων έχουν μεταβάλλει σε πολύ μεγάλο βαθμό τους τρόπους διαχείρισής του.

Στις μέρες μας, οργανισμοί με μεγάλο όγκο ψηφιακού υλικού προβάλλουν και διανέμουν το υλικό τους μέσω του Παγκόσμιου Ιστού, εμπλουτίζοντας και επεκτείνοντας τις ηλεκτρονικές τους υπηρεσίες και εφαρμογές αξιοποιώντας τα δίκτυα υπολογιστών. Κάτι τέτοιο απαιτεί την ολοκλήρωση εξειδικευμένων πληροφοριακών συστημάτων στην επιχειρησιακή λογική ενός οργανισμού καθώς και την ορθή του χρήση και υποστήριξη από ειδικό προσωπικό. Τα συστήματα αυτά αποτελούν έναν καθοριστικό παράγοντα για τη μελλοντική ανάπτυξη ενός οργανισμού ενώ εγγυώνται και διασφαλίζουν τις οικονομικές και εμπορικές του επενδύσεις. Ωστόσο, ο Παγκόσμιος Ιστός αποτελεί ένα ιδιαίτερα εχθρικό περιβάλλον όσον αφορά θέματα ασφάλειας, πλήττοντας άμεσα την εμπορική (ή μη) εκμετάλλευση του διακινούμενου ψηφιακού περιεχομένου μεγάλων οργανισμών. Σε κάθε περίπτωση, αυτοί οφείλουν να αντιμετωπίζουν όλες εκείνες τις προκλήσεις που προέρχονται από τα ανοιχτά θέματα ασφάλειας του Διαδικτύου ακριβώς επειδή αυτά μπορούν να προκαλέσουν απώλειες μεγάλου όγκου δεδομένων, να οδηγήσουν σε οικονομική καταστροφή ή/και να αμαυρώσουν το κύρος και την αξιοπιστία τους προς το ευρύ κοινό.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ενδελεχής παρουσίαση πληροφοριακών Συστημάτων Διαχείρισης Ψηφιακών Αντικειμένων (Digital Asset Management Systems – DAMS). Στο 1ο από τα 2 μέρη της, παρουσιάζουμε αρχές σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής τέτοιων συστημάτων, τις υποδομές πάνω στις οποίες στηρίζονται και υλοποιούνται, τις υπηρεσίες και εφαρμογές που παρέχουν καθώς και τους τρόπους ολοκλήρωσής τους με άλλα πληροφοριακά συστήματα καθώς και με το Διαδίκτυο. Στο 2ο μέρος περιγράφουμε το λεπτομερή σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός ανθεκτικού αρχιτεκτονικού μοντέλου ασφάλειας για Internet-based DAMS. Αναπτύσσουμε τις βασικές λειτουργικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ασφάλειας με βάση τις οποίες κάναμε το σχεδιασμό. Επιπλέον, περιγράφουμε όλες εκείνες τις κρυπτογραφικές αρχές και τεχνολογίες που χρησιμοποιούμε για να πετύχουμε ασφάλεια στα διαχειριζόμενα δεδομένα και ασφαλή αλληλεπίδραση των χρηστών με το μοντέλο μας σε διαδικτυακά συνεργατικά περιβάλλοντα. Τέλος, παρέχουμε μια υλοποίηση αναφοράς ενός πρωτοτύπου για Internet-based DAMS το οποίο στηρίζεται πάνω στο αρχιτεκτονικό μας μοντέλο και αναλύουμε όλα τα τεχνικά ζητήματα που ανακύπτουν.

Abstract

Information creation, presentation and exchange, but also the collection, organization and storage of information carriers, is an old craft. What makes the problem different in today's information society is the amount of information in digital form (digital content) that has to be handled, the speed at which it is produced and the ways that it is presented, exchanged, organized and stored. The advent of the World Wide Web has tremendously affected all these activities, giving us new tools and ways for harnessing digital material. Its creation from an ever-increasing number of analog and digital sources and the need for representing it into an endless list of different types and formats influences dramatically the ways of its management.

Nowadays, rich-media organizations tend to exhibit and distribute their material over Internet by extending their electronic services and applications into computer networks. This task requires specialized information systems and also skilled staff to use, maintain and integrate them into the organization's business logic. Adoption of such systems is a critical factor for future economic growth and return on investment (ROI). However, Internet increases the vulnerability of commercial (or not) exploitation of digital content since it is a possibly hostile environment. In any case, organizations have to deal with all the open security challenges that can cause huge data and financial losses, harm their reputation and strictly affect people's trust on them.

In the present work we give a thorough description of Digital Asset Management Systems (DAMS). In the 1st Part we define essential design principles for DAMS architectures, study the hardware and software infrastructures they utilize, provide an extensive list of services and applications they offer and, finally, give certain techniques and principles for integrating them with other information systems and the Internet. In the 2nd Part we describe the design and implementation of a secure and robust architectural model for digital asset management. Usage and exploitation of the World Wide Web is a critical requirement for a series of administrative tasks such as collecting, managing and distributing valuable assets. Our model addresses a list of fundamental operational and security requirements. It utilizes a number of cryptographic primitives and techniques that provide data safety and secure user interaction on especially demanding on-line collaboration environments. We provide a reference implementation of our architectural model and discuss the technical issues. It is designed as a standalone solution but it can be flexibly adapted in broader management infrastructures as well as existing DAMS platforms.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ (DAMS) : ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ, ΥΠΟΔΟΜΕΣ, ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ, ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ

1. Εισαγωγή

1.1 Ψηφιακό περιεχόμενο και ψηφιοποίηση

Η ευρύτατη εξάπλωση και χρήση των κάθε είδους υπολογιστικών συστημάτων και συσκευών από τον άνθρωπο, από απλών (π.χ. κινητών τηλεφώνων, PCs, κτλ.) μέχρι πολυσύνθετων (π.χ. υπερυπολογιστές), αποτελεί κυρίαρχο χαρακτηριστικό της εποχής της πληροφορίας που ζούμε. Αναμφισβήτητα, η ραγδαία αύξηση και επέκταση της χρήσης του Διαδικτύου και των ψηφιακών πολυμέσων έχει ως αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη παραγωγή πληροφοριών. Οποιοδήποτε υλικό αντικείμενο ή γεγονός που συμβαίνει στον φυσικό κόσμο που μας περιβάλλει μπορεί να αναπαρασταθεί υπό τη μορφή πληροφορίας την οποία περικλείει, παριστάνει ή μεταδίδει. Η μετατροπή και αποτύπωση της πληροφορίας σε ψηφιακή μορφή είναι αναγκαία για τη μεταχείρισή της από τις υπολογιστικές μηχανές. Με τον τρόπο αυτό γεννιέται το ψηφιακό περιεχόμενο (digital content) που δεν είναι τίποτε άλλο παρά η αναπαράσταση ή αποτύπωση των υλικών αντικειμένων σε ψηφιακή μορφή (ψηφιακά τεκμήρια ή υποκατάστατα). Η διασύνδεση πολλών μαζί υπολογιστών σε δίκτυα, όπως για παράδειγμα το Διαδίκτυο, καθιστά εφικτή την καθημερινή παραγωγή και αναπαραγωγή, χρήση και διαχείριση, διακίνηση και μετάδοση ασύλληπτου όγκου δεδομένων υπό τη μορφή ψηφιακού περιεχομένου.

Κάθε φυσικό αντικείμενο του υλικού μας κόσμου μεταφέρει πληροφορία η οποία μπορεί να περιγραφεί από τη μαθηματική έννοια του σήματος. Τα περισσότερα σήματα που απαντώνται στη φύση είναι αναλογικά ή συνεχούς χρόνου, δηλαδή η τιμή τους μπορεί σε μια τυχαία χρονική στιγμή να είναι ένας οποιοσδήποτε πραγματικός αριθμός. Αντιθέτως, τα ψηφιακά σήματα, δηλαδή αυτά που αποτελούν το αντικείμενο της ψηφιακής επεξεργασίας, είναι διακριτού χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι για μια δοσμένη χρονική περίοδο η τιμή τους είναι ένας συγκεκριμένος αριθμός που μπορεί να αναπαρασταθεί στον υπολογιστή. Επομένως, οι διαφορετικές τιμές που μπορεί να λάβει ένα ψηφιακό σήμα είναι άμεση συνάρτηση της ακρίβειας αναπαράστασης που θα επιτευχθεί κατά τη διαδικασία ψηφιοποίησης του αντίστοιχου αναλογικού σήματος από το οποίο προέρχεται.

Για να γίνει η συλλογή και η επεξεργασία της πληροφορίας που μεταφέρει κάθε φυσικό αντικείμενο θα πρέπει να προηγηθεί η ψηφιοποίησή του. Με τον όρο ψηφιοποίηση (digitization) εννοούμε τη διαδικασία εκείνη κατά την οποία δημιουργείται μια δυαδική αναπαράσταση του φυσικού αντικειμένου, δηλαδή η μετατροπή του σε κατάλληλη ψηφιακή μορφή, προκειμένου να αναπαρασταθεί, να επεξεργαστεί, να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί μέσω της ψηφιακής τεχνολογίας και, ειδικότερα, του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Η ψηφιοποίηση είναι σήμερα καθοριστικός παράγοντας για την επιβίωση και την ενίσχυση της Ιστορίας, του Πολιτισμού, της Επιστήμης και όλων των στοιχείων που καθορίζουν την καλούμενη συλλογική και εξελισσόμενη μνήμη των διαφόρων κοινωνιών, εθνοτήτων, λαών. Είναι επίσης καθοριστική και για την οικονομική ανάπτυξη. Αναλυτικότερα, η ψηφιοποίηση είναι ένα

μέσο για την επιτυχή προώθηση σημαντικών στόχων, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι ακόλουθοι :

1. Η διατήρηση της πολύτιμης πληροφορίας που περιέχουν οι εικόνες, οι φωτογραφίες, τα έργα τέχνης, τα βιβλία, οι εφημερίδες, τα σχέδια, οι χάρτες, οι αφίσες, τα χειρόγραφα, τα κινηματογραφικά έργα κλπ. Μερικά από τα προαναφερόμενα αντικείμενα καταστρέφονται από τη φθορά του χρόνου ή από κάποιο συμβάν και άλλα αλλοιώνονται. Άϋλα πολιτιστικά αγαθά, όπως παραδόσεις και μύθοι, σβήνουν στο πέρασμα του χρόνου. Η ψηφιοποίηση δημιουργεί ψηφιακά υποκατάστατα των υλικών και άϋλων αγαθών, περισώζοντας την πολύτιμη πληροφορία που περιέχουν.
2. Η ενίσχυση του ρόλου που έχει το πολιτιστικό αγαθό, αφού η αντίστοιχη πληροφορία μπορεί να ανευρεθεί πιο εύκολα και συνδυασμένα από διαφορετικές πηγές και να είναι διαθέσιμη για την έρευνα, τη μελέτη, την εκπαίδευση κλπ.
3. Η προβολή (που συμβάλλει καθοριστικά και στην προαναφερόμενη ενίσχυση) των πολιτιστικών αγαθών, μέσα από το Διαδίκτυο, αλλά και με την παραγωγή ηλεκτρονικών εκδόσεων (CD, DVD, εφαρμογές, αφιερώματα) για την εκπαίδευση και τον πολιτισμό, την παραγωγή έντυπου υλικού (π.χ. βιβλία και αφίσες) και άλλες παρουσιάσεις / εκδηλώσεις.
4. Η οικονομική ανάπτυξη μέσω και της προβολής των πολιτιστικών αγαθών και της αξιοποίησης του πολιτιστικού περιεχομένου σε αχανείς αγορές, όπως η Εκπαίδευση, η Ψυχαγωγία και ο Τουρισμός.

1.2 Μεταδεδομένα και περιγραφή ψηφιακού περιεχομένου

Ο όρος μεταδεδομένα (metadata) αναφέρεται στον εμπλουτισμό υπαρχόντων δεδομένων (π.χ. ψηφιακών τεκμηρίων) με άλλα δεδομένα. Ουσιαστικά χρησιμοποιείται για να δηλώσει την προσθήκη δομημένης πληροφορίας πάνω στα χαρακτηριστικά ενός φυσικού ή ψηφιακού τεκμηρίου, παρέχοντας ένα εργαλείο για την περιγραφή των πηγών, του περιεχομένου του και των σχέσεων που μπορούν ή έχουν αναπτυχθεί ανάμεσα στις πηγές του. Με λίγα λόγια, τα μεταδεδομένα αποτελούν προσαρτώμενες ετικέτες για ένα ψηφιακό ή φυσικό αντικείμενο και παρέχουν σημαντικές πληροφορίες γι' αυτό.

Για έναν χρήστη ή ένα υπολογιστικό σύστημα τα μεταδεδομένα αποτελούν δομημένους τύπους πληροφοριών που μεταφέρουν πληροφορία για τεκμήρια. Λόγω της φύσης τους αυτής, τα μεταδεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν διακριτές πληροφοριακές οντότητες, προσφέροντας μεγάλα πλεονεκτήματα σε απαιτητικές υπολογιστικές λειτουργίες, όπως η προχωρημένη αναζήτηση. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να αναζητήσει τεκμήρια ως προς ένα κοινό χαρακτηριστικό που καταγράφεται στα μεταδεδομένα τους, όπως ο δημιουργός τους. Με τον τρόπο αυτό βελτιστοποιείται ο χρόνος απόκρισης των μηχανών αναζήτησης, αφού το ψάξιμο γίνεται στις περιγραφές των τεκμηρίων που έχει ευρετηριάσει

(διαδικασία indexing/categorizing) η μηχανή, πληροφορία η οποία εμπεριέχεται στα μεταδεδομένα τους. Συγκεκριμένα, οι μηχανές αναζήτησης ευρετηριάζουν τις πληροφορίες τεκμηρίωσης των τεκμηρίων, μέσω των μεταδεδομένων τους, και μπορούν να εκτελέσουν πιο προχωρημένες αναζητήσεις βασισμένες στη σημασιολογία της τεκμηρίωσης αυτής (semantics).

Η επιπλέον πληροφορία που παρέχει η προσθήκη μεταδεδομένων στα τεκμήρια καθιστά ακριβέστερη την ανάκτηση των αποτελεσμάτων ενώ βοηθά στην αυτοματοποίηση των αναζητήσεων εξαιτίας της λιγότερης επέμβασης που απαιτείται εκ μέρους του χρήστη. Για παράδειγμα, μια διαδικασία αναζήτησης σε αδόμητο (ή πλήρες) κείμενο (full text search) ή η αναζήτηση με βάση μη ελέγξιμες λέξεις – κλειδιά μπορεί να επιστρέψει έναν μεγάλο και δύσχρηστο όγκο αποτελεσμάτων ο οποίος, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι δυσανάλογου μεγέθους ως προς το τελικό ζητούμενο αποτέλεσμα. Αντιθέτως, μια διαδικασία αναζήτησης με βάση μια δομή μεταδεδομένων μπορεί να επιτρέπει την αναζήτηση όρων σε διακριτά στοιχεία (π.χ τίτλος, θέμα, δημιουργός κτλ). Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται ο αριθμός των αποτελεσμάτων που επιστρέφονται ως απάντηση μίας επερώτησης ενώ τα αποτελέσματα είναι περισσότερο επικεντρωμένα στο ζητούμενο της επερώτησης.

Τα μεταδεδομένα είναι ένα αντικείμενο έρευνας και διαρκών εξελίξεων τόσο στο χώρο της ψηφιοποίησης όσο και αλλού, όπως στην ανάκτηση πληροφορίας, σε διαδικτυακές υπηρεσίες αναζήτησης, στην ανταλλαγή δεδομένων κλπ. Η δημιουργία και η χρήση καλής ποιότητας μεταδεδομένων σε οποιοδήποτε έργο ψηφιοποίησης αποτελεί ένα κρισιμότατο κομμάτι της διαχείρισης και της τελικής επιτυχίας και αποδοχής του ενώ επιβάλλεται να είναι αναπόσπαστο στοιχείο της ροής εργασιών του (workflow). Σε κάθε τέτοιο έργο η δημιουργία και η σύνδεση των μεταδεδομένων με τους ψηφιακούς πόρους εξυπηρετεί και αναδεικνύει μια σειρά λειτουργιών πάνω στους πόρους αυτούς. Τέτοιες λειτουργίες είναι η ευέλικτη και προσαρμοσμένη χρήση, η έξυπνη διαχείριση, η συντήρηση και επαναχρησιμοποιήση, η μακροπρόθεσμη διατήρηση με την παράλληλη αλλαγή των στόχων που έρχεται να καλύψει ένας πόρος, η υποστήριξη και η περαιτέρω ανακάλυψη νέων πόρων από τους ήδη υπάρχοντες, κτλ.

1.3 Πρότυπα μεταδεδομένων και τεκμηρίωση

Ένα μεγάλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τόσο οι χρήστες όσο και οι διαχειριστές μεγάλων πολιτισμικών οργανισμών, π.χ. μουσείων και βιβλιοθηκών, ή οργανισμών που κρατούν μεγάλους όγκους δεδομένων σε αρχειακές αποθήκες (archives), π.χ. τηλεοπτικών σταθμών, είναι η κατάλληλη χρήση και, άρα, η αποτελεσματική αναζήτηση του ψηφιακού τους περιεχομένου. Η επιβίωση, η χρησιμότητα και η ευρεία διάθεση του πνευματικού αποθέματος όλων αυτών των οργανισμών εξαρτάται άμεσα από εξειδικευμένα περιγραφικά εργαλεία και πρότυπα που θα καταστήσουν τις

ψηφιακές συλλογές τους προσπελάσιμες τόσο στο ίδιο τους το προσωπικό όσο και στο ευρύ κοινό.

Το κρίσιμο κλειδί στην εύρεση, τη χρήση και τη μακρόχρονη διατήρηση του ψηφιακού περιεχομένου ενός οργανισμού είναι τα μεταδεδομένα. Μέσω αυτών το ψηφιακό περιεχόμενο θα εμπλουτισθεί και θα σχολιασθεί έτσι ώστε να καταστεί πιο εμπεριστατωμένο επιστημονικά, να γίνει άμεσα προσπελάσιμο και να χρησιμοποιηθεί ευέλικτα σε πολλαπλές διαχειριστικές και τεχνικές λειτουργίες που απαιτούν τόσο ο χρήστης όσο και ο διαχειριστής του. Η διαδικασία του εμπλουτισμού του περιεχομένου με κατάλληλα μεταδεδομένα καλείται τεκμηρίωση και διεξάγεται μέσα από την επιλογή ενός προτύπου ή σχήματος μεταδεδομένων, δηλαδή μιας δομής δεδομένων με βάση την οποία τα ψηφιακά τεκμήρια θα περιγραφούν από τα μεταδεδομένα. Η υιοθέτηση του πιο κατάλληλου προτύπου τεκμηρίωσης του ψηφιακού περιεχομένου ενός οργανισμού αποτελεί μια καθόλα κρίσιμη διαδικασία αφού από αυτή εξαρτάται η χρηστικότητα και η διατήρηση των ψηφιακών συλλογών του με την πάροδο του χρόνου.

Είναι γεγονός ότι από όλους τους οργανισμούς πολιτιστικού ή αρχειακού αποθέματος οι βιβλιοθήκες έχουν τη μεγαλύτερη παράδοση όσον αφορά την υιοθέτηση ενός σταθερού προτύπου τεκμηρίωσης. Κάτι τέτοιο δίνει στους χρήστες του ηλεκτρονικού αρχείου μιας βιβλιοθήκης ένα συγκριτικό πλεονέκτημα : η ευρεία αποδοχή προτύπων καταλογογράφησης βιβλίων, όπως το AACR (Anglo – American Cataloging Rules) ή το MARC21, καθιστά εύκολη τη μεταπήδηση των χρηστών αυτών στα ηλεκτρονικά αρχεία άλλων βιβλιοθηκών, ενοποιώντας έτσι την προχωρημένη αναζήτηση, τη γρήγορη ανάκτηση και την ευχρηστία του ψηφιακού υλικού τους, όπως βιβλία, τίτλοι, συγγραφείς, κτλ.

Σε αντίθεση με τις βιβλιοθήκες, όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί, όπως μουσεία, προσωπικές συλλογές αντικειμένων ή τηλεοπτικοί φορείς, βασίζονται κυρίαρχα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τους διαφορετικούς τύπους του περιεχομένου τους. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούν, συνήθως, πρότυπα τεκμηρίωσης που ταιριάζουν στην ιδιάζουσα φύση και αντικατοπτρίζουν την ιδιαίτερη χρηστικότητα των ψηφιακών αντικειμένων τους. Για παράδειγμα, ένα μουσείο σύγχρονης τέχνης μπορεί να διατηρεί ένα μεγάλο αριθμό αντικειμένων διαφορετικών τύπων, όπως χειρόγραφα, πίνακες ζωγραφικής ή βιβλιοθηκονομικό υλικό όπως και ένας ραδιοφωνικός σταθμός μπορεί να διατηρεί ηχητικά ντοκουμέντα, ομιλίες και τραγούδια. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχει μια πληθώρα διαφορετικών και αρκετά ετερογενών μεταξύ τους προτύπων τεκμηρίωσης που χρησιμοποιούνται ανά περίπτωση, σε συνδυασμό ή συμπληρωματικά με άλλα.

Σε γενικές γραμμές, η μοναδικότητα των αντικειμένων των ψηφιακών συλλογών δυσχεραίνει την ανάπτυξη και την υλοποίηση ευρέως αποδεκτών και ομοιόμορφων πρακτικών τεκμηρίωσης, περιορίζοντας έτσι την προσβασιμότητα μεταξύ τους. Ωστόσο, η παγκόσμια εξάπλωση και η οικονομική επένδυση σε έργα ψηφιοποίησης εκτεταμένης κλίμακας δίνει μια πρώτης τάξεως ευκαιρία στην κατεύθυνση της υιοθέτησης όσο το δυνατόν πιο αποδεκτών και χρησιμοποιούμενων προτύπων τεκμηρίωσης. Η κατεύθυνση

αυτή διευκολύνει τη διαθεσιμότητα των ψηφιακών αντικειμένων σε όλο και περισσότερες, πιο ετερογενείς και απαιτητικότερες κοινότητες χρηστών.

Ένα από τα πιο γνωστά πρότυπα τεκμηρίωσης που χρησιμοποιείται από μια πληθώρα έργων ψηφιοποίησης είναι το Dublin Core, ένα γενικό περιγραφικό σύστημα τεκμηρίωσης για τη διαχείριση ηλεκτρονικών αντικειμένων. Άλλα τέτοια παρεμφερή πρότυπα όπως το EAD, το MARC και το TEI, έχουν εγκαθιδρυθεί από επίσης μεγάλα έργα ψηφιοποίησης και πολιτισμικούς οργανισμούς. Κοινό χαρακτηριστικό αυτών, όπως και άλλων, διαδεδομένων προτύπων τεκμηρίωσης είναι η άμεση συσχέτισή τους μέσω των κοινών στοιχείων (elements) που περιλαμβάνει η δομή δεδομένων τους, όπως για παράδειγμα ο δημιουργός / συγγραφέας ή το όνομα αντικειμένου. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό αποτελεί πανίσχυρο εργαλείο για το διαμοιρασμό και τη διάχυση του υλικού ετερογενώς τεκμηριωμένων ψηφιακών συλλογών, αφού καθιστά εφαρμόσιμες διάφορες ευέλικτες μεθόδους προσβασιμότητας σ' αυτές (διαδικασία crosswalking). Για παράδειγμα, οι χρήστες μιας αρχειακής αποθήκης μπορούν να επιτελέσουν ενέργειες όπως η προχωρημένη αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών σε σύνολα αντικειμένων που ανήκουν τόσο σε αυτήν όσο και σε άλλες αρχειακές αποθήκες, αν αυτές έχουν υιοθετήσει πρότυπα που περιλαμβάνουν συσχετιζόμενα στοιχεία.

1.4 Κατηγοριοποίηση μεταδεδομένων

Τα μεταδεδομένα μπορούν να χωριστούν στους παρακάτω 3 γενικούς εννοιολογικούς τύπους – κατηγορίες (σε μερικές περιπτώσεις επικαλυπτόμενες και όχι απαραιτήτως διακριτές μεταξύ τους) :

1. **Περιγραφικά (descriptive) :** περιγράφουν και ταυτοποιούν τα φυσικά ή ψηφιακά τεκμήρια για να διευκολύνουν την ευρετηρίαση, αναζήτηση, ανάκτηση και διαχείρισή τους. Σε γενικές γραμμές περιλαμβάνουν βασική βιβλιογραφική πληροφορία, όπως ο δημιουργός, ο τίτλος και η ημερομηνία δημιουργίας ενός πληροφοριακού πόρου, πληροφορίες καταλόγου, όπως οι κωδικοί πρόσβασης και ταυτοποίησης καθώς και θεματική πληροφορία, όπως λέξεις – κλειδιά.

   Η επιλογή τους είναι κρίσιμη αφού ακόμη και η μικρότερη σε μέγεθος ψηφιακή συλλογή καθίσταται άχρηστη χωρίς τη σοφή επιλογή ενός προσυμφωνημένου προτύπου και την πειθαρχημένη καταγραφή και αποθήκευση των κατάλληλων περιγραφικών μεταδεδομένων. Περαιτέρω, με βάση τα περιγραφικά μεταδεδομένα επιτρέπεται η ανακάλυψη νέων αντικειμένων ή συλλογών αντικειμένων μέσα από τη χρήση εργαλείων αναζήτησης ενώ παράγεται ένα αποδοτικό πλάνο για την περαιτέρω κατανόηση των νεοανακαλυπτόμενων πληροφοριών.

   Σε γενικές γραμμές ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο των αντικειμένων, ωστόσο περιγραφικά μεταδεδομένα σε αντικείμενα αποτελούν μερικά κοινά τους στοιχεία όπως ο τίτλος του αντικειμένου, ο δημιουργός του, τι είναι ή τι πραγματεύεται το αντικείμενο, η γλώσσα στην οποία είναι γραμμένο ή που απεικονίζει, πότε παράχθηκε, που βρίσκεται, κ.ά. Σε

επίπεδο συλλογών αντικειμένων, παραδείγματα περιγραφικών μεταδεδομένων αποτελούν η εμβέλεια ή ο σκοπός της συλλογής, σε ποιόν ανήκει, πιθανοί περιορισμοί πρόσβασης, οι διαφορετικοί τύποι των αντικειμένων που απαρτίζουν τη συλλογή, κ.ά.

2. **Διαχειριστικά (administrative) :** χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν τη διαχείριση, την πρόσβαση, τον εντοπισμό, τη μεταφορά και την επαναχρησιμοποίηση των αντικειμένων ενώ περιλαμβάνουν και πληροφορία για τη δημιουργία, τον έλεγχο ποιότητας, τα δικαιώματα και τη συντήρησή τους. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μεταδεδομένα που σχετίζονται με τα τεχνικά χαρακτηριστικά πολυμεσικών αντικειμένων όπως η ανάλυση και οι διαστάσεις των pixels μιας εικόνας, η τεχνική συμπίεσης που εφαρμόστηκε καθώς και το μέγεθος ενός αρχείου ήχου, ο ρυθμός δειγματοληψίας ενός βίντεο, το υλικό / λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία ενός 3D αντικειμένου κτλ. Επίσης, διαχειριστικά μεταδεδομένα περιλαμβάνουν πληροφορίες όπως το αν ένας χρήστης έχει το δικαίωμα να προσπελάσει ένα αντικείμενο, με ποιόν viewer ή player θα ανοίξει ένα πολυμεσικό αντικείμενο το οποίο επέλεξε ένας εξουσιοδοτημένος χρήστης, με ποιο τρόπο και πότε δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό αντικείμενο και ποια δικαιώματα διαχείρισης του έχουν ανατεθεί.
3. **Δομικά (structural) :** περιγράφουν την εσωτερική δομή και τις σχέσεις των αντικειμένων με τα συστατικά που τα αποτελούν και χρησιμοποιούνται για να επιτρέψουν την πλοήγηση και την παρουσίασή τους. Ένα βιβλίο που αποτελείται από σελίδες και κεφάλαια, είναι ένα από τα πιο απτά παραδείγματα δομικών μεταδεδομένων. Στην περίπτωση αυτή, τέτοια μεταδεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επεξηγήσουν τον τρόπο με τον οποίο απλές σελίδες συνάπτουν αντίστοιχα κεφάλαια και τον τρόπο με τον οποίο κεφάλαια φτιάχνουν ολόκληρο το βιβλίο. Επιπλέον, δομικά μεταδεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συσχετίσουν απλές εικόνες του βιβλίου με συγκεκριμένες σελίδες ή κεφάλαια καθώς και να δημιουργήσουν μια πλήρη λίστα των εικόνων ολόκληρου του βιβλίου.

1.5 Ψηφιακά αντικείμενα και πνευματική ιδιοκτησία

Τα πνευματικά δικαιώματα (Intellectual Property Rights – IPR) και η διαχείριση ψηφιακών δικαιωμάτων (Digital Rights Management – DRM) είναι παρεμφερείς περιοχές και συνιστούν μια τελείως ανεξάρτητη και αυτοπροσδιοριζόμενη περιοχή προβληματισμού. Η διαχείριση δικαιωμάτων σε ψηφιακά αντικείμενα χωρίζεται σε 2 μέρη : την περιγραφή και την τεκμηρίωση των δικαιωμάτων που σχετίζονται με το περιεχόμενο καθώς και την προστασία των δικαιωμάτων αυτών.

Το ψηφιακό περιεχόμενο του οποίου το καθεστώς δικαιωμάτων είναι ακαθόριστο ή άγνωστο καθίσταται σχεδόν αμέσως άχρηστο από εμπορικής σκοπιάς. Η χρήση του ψηφιακού περιεχομένου χωρίς την τήρηση νομικών ή άλλων συμβατικών κανόνων μπορεί να προκαλέσει μεγάλα προβλήματα. Για

παράδειγμα, χωρίς την επίγνωση των αντίστοιχων πνευματικών δικαιωμάτων ενός αντικειμένου, αυτό δεν προσδίδει απαραιτήτως αξία στον οργανισμό που το κατέχει και άρα ο οργανισμός δεν μπορεί να προβεί στην περαιτέρω αξιοποίηση και οικονομική (ή άλλη) εκμετάλλευσή του. Με λίγα λόγια, μόνο στην περίπτωση όπου έχουν καθοριστεί τα πνευματικά δικαιώματα για το ψηφιακό περιεχόμενο μπορεί αυτό στη συνέχεια να αναπαρασταθεί, να παρουσιαστεί, να διανεμηθεί και να εμπορευματοποιηθεί. Επομένως, οποιοδήποτε ψηφιακό τεκμήριο μετατρέπεται σε ψηφιακό αντικείμενο (digital asset) όταν ανατίθενται σ' αυτό πνευματικά δικαιώματα ιδιοκτησίας. Με τον τρόπο αυτό, οποιοδήποτε ψηφιακό αντικείμενο αποκτά οικονομική και εμπορική αξία την οποία αποκομίζει ο οργανισμός που το κατέχει.

Με το παραπάνω παράδειγμα καταδεικνύουμε τη διαφορά που υπάρχει μεταξύ των ψηφιακών τεκμηρίων και των ψηφιακών αντικειμένων. Σε γενικές γραμμές, τα ψηφιακά τεκμήρια δεν είναι απαραίτητο να διαθέτουν πληροφορίες που σχετίζονται με τα πνευματικά τους δικαιώματα. Για παράδειγμα, ένας οργανισμός που έχει επιφορτιστεί με την ψηφιοποίηση και την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς μιας χώρας δεν σημαίνει απαραιτήτως ότι στα τεκμήρια που θα παράγει θα έχει το δικαίωμα να αναθέσει πληροφορίες ιδιοκτησίας. Στην πραγματικότητα, μπορεί να υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τη μη ανάθεση πνευματικών δικαιωμάτων σε τεκμήρια, αφού ένα τεκμήριο μπορεί να αποκτά ενδιαφέρον (και άρα αξία, με την ευρύτερη έννοια της μάθησης, επιστημονικής κάλυψης, κτλ.) υπό συγκεκριμένες συνθήκες, όπως η ελεύθερη διακίνηση.

Στην παρούσα εργασία διαχωρίζουμε τις έννοιες ψηφιακά τεκμήρια και αντικείμενα (asset), υποδηλώνοντας τη διαχείριση και χρήση πνευματικών δικαιωμάτων στα τελευταία. Ωστόσο, οι ίδιες τεχνικές διαχείρισης και οι υπηρεσίες που θα αναπτυχθούν στη συνέχεια, μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε τεκμήρια όσο και σε αντικείμενα, ανεξαρτήτως του καθορισμού ή όχι πνευματικών δικαιωμάτων.

1.6 Εισαγωγή στα DAMS

Η υπέρμετρη αύξηση του παραγόμενου και διακινούμενου ψηφιακού υλικού, με άτακτο και αδόμητο πολλές φορές τρόπο, έχει οδηγήσει σε μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της επιστήμης της πληροφορικής στον 21ο αιώνα. Η πρόκληση αυτή σχετίζεται με την ανάγκη δημιουργίας ολοένα και μεγαλύτερων βιβλιοθηκών ή συλλογών ψηφιακού περιεχομένου η οποία θα πρέπει αναγκαστικά να συνοδεύεται από την ευέλικτη και αποδοτική διαχείρισή τους.

Η παραπάνω ανάγκη οδήγησε στην ανάπτυξη και το σχεδιασμό συστημάτων διαχείρισης ψηφιακών αντικειμένων. Τα συστήματα αυτά είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την ψηφιοποίηση υλικού και έργα ψηφιοποίησης, αφού στα ψηφιακά υποκατάστατα ή αντίγραφα που θα προκύψουν από τα πραγματικά αντικείμενα, είναι αναγκαίο να διεξαχθούν διάφορες ενέργειες. Παραδείγματα τέτοιων ενεργειών αποτελούν η αποδοτική διαχείριση, η ευέλικτη αποθήκευση, η αύξηση ή μείωση της ποιότητας, οι διαδικασίες

ανάδειξης και προβολής, ο έλεγχος και η προσθήκη μεταδεδομένων – τεκμηρίωση, η διάθεση προς το Διαδίκτυο, η διαχείριση πνευματικών δικαιωμάτων, κτλ.

Όλες αυτές τις ενέργειες, και όχι μόνο, έρχεται να καλύψει ένα Σύστημα Διαχείρισης Ψηφιακών Αντικειμένων (Digital Assets Management System – DAMS). Συνοπτικά, ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να απορροφά και να διαχειρίζεται μεγάλους όγκους δεδομένων, να τους αποθηκεύει σε κατανεμημένους χώρους αποθήκευσης, να είναι υπεύθυνο για την ασφάλειά τους και να τους παρουσιάζει στο χρήστη ή να τους δημοσιεύει σε διάφορες μορφές. Εξουσιοδοτημένοι χρήστες μπορούν να ελέγχουν το διακινούμενο υλικό και την ποιότητά του, να διαχειρίζονται την ασφάλεια των αντικειμένων και να προσθέτουν μεταδεδομένα στα αντικείμενα μέσω κατάλληλων προτύπων (σχημάτων) μεταδεδομένων.

Τα ζητήματα ασφάλειας είναι ένας κομβικός παράγοντας για την επιτυχία και τη χρηστικότητα ενός συστήματος DAMS. Ένα υποσύστημα διαχείρισης ψηφιακών δικαιωμάτων μπορεί να ικανοποιήσει ανάγκες όπως η υποστήριξη διαφορετικών κατηγοριών και ρόλων χρηστών. Κρυπτογραφικές τεχνικές και τεχνικές υδατοσήμανσης είναι δυνατόν να ικανοποιήσουν απαιτήσεις όπως η κρυπτογράφηση των αποθηκευμένων αντιγράφων, η ασφαλής προβολή τους στο Διαδίκτυο μέσω κατάλληλων υδατόσημων και η επίτευξη διαφορετικών διαβαθμίσεων ασφάλειας για το ίδιο αντικείμενο. Η χρήση ασφαλών εικονικών δικτύων μπορεί να επιτρέψει την απρόσκοπτη και ασφαλή διακίνηση του υλικού προς προβολή ενώ μπορεί να συμβάλλει στην αποδοτική διαχείριση της μεταφοράς μεγάλου όγκου δεδομένων.

2. Βασική ορολογία

Παρακάτω συνοψίζουμε τις έννοιες που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και δίνουμε μερικούς βασικούς ορισμούς τους οποίους και θα χρησιμοποιήσουμε κατά κόρον στη συνέχεια, τόσο στο Μέρος Α όσο και στο Μέρος Β για λόγους συμβατότητας.

Χρησιμοποιούμε τον γενικευμένο όρο *ψηφιακό περιεχόμενο (digital content)* για να υποδηλώσουμε τη συνένωση μεταξύ των μέσων και των μεταδεδομένων όπως υποδεικνύεται και στα [11] και [3]. Ως *μέσα (media)* θεωρούμε οποιοδήποτε τύπο ή είδος κωδικοποιημένης πληροφορίας (κείμενο, εικόνες, ήχος, βίντεο, οπτικο-ακουστικό υλικό και κινούμενες εικόνες – animation) που μπορεί να αναπαρασταθεί σε ψηφιακά αρχεία (digital files) όπως, επίσης, και να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί μέσω φυσικών μεταφορέων (physical carriers), όπως κασσέτες, βιντεοταινίες, CDs, DVDs, Blu-Rays, Flash memories, κτλ.

Χρησιμοποιούμε τον όρο *μεταδεδομένα (metadata)*, όπως αναφέρεται και στα [2] και [12], για να υποδηλώσουμε δεδομένα για άλλα δεδομένα. Τα μεταδεδομένα χρησιμοποιούνται για την περιγραφή, ταυτοποίηση, κατηγοριοποίηση, αναζήτηση και ανάκτηση μέσων και των πληροφοριών που σχετίζονται με αυτά. Διαχωρίζονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες : περιγραφικά, δομικά και διαχειριστικά. *Περιγραφικά (descriptive)* μεταδεδομένα χρησιμοποιούνται για την ανακάλυψη και ταυτοποίηση αντικειμένων. *Δομικά (structural)* μεταδεδομένα υποδηλώνουν τον τρόπο με τον οποίο ενιαία αντικείμενα συντίθεται μεταξύ τους ή το πώς μέρη μιας εργασίας (π.χ. βιβλίου) συσχετίζονται με άλλα μέρη ή με ένα μεγαλύτερο αντικείμενο. *Διαχειριστικά (administrative)* μεταδεδομένα συσχετίζουν διάφορες διαχειριστικές εργασίες με μια πήγη, πόρο ή αντικείμενο. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούμε διαχειριστικά μεταδεδομένα για την εκχώρηση *πνευματικών δικαιωμάτων (IPR)* σε ψηφιακά αντικείμενα.

Ομάδες συγκεκριμένων στοιχείων μεταδεδομένων καλούνται *σχήματα ή πρότυπα μεταδεδομένων (metadata schemes or standards)*. Αυτά χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση φυσικών ή ψηφιακών τεκμηρίων και κύριος στόχος τους είναι η διευκόλυνση της χρηστικότητας και της διαλειτουργικότητας των μεταδεδομένων μεταξύ διαφορετικών πλατφορμών, όπως αναφέρεται στο [14]. Κοινά παραδείγματα *υπαρχόντων σχημάτων μεταδεδομένων* είναι τα Dublin Core, MARC, EAD, TEI, METS, LCSH, κτλ. Σε γενικές γραμμές, οι οργανισμοί αναπτύσσουν *user-defined σχήματα μεταδεδομένων* κάνοντας κατάλληλες παρεμβάσεις και παραμετροποιήσεις σε υπάρχοντα σχήματα έτσι ώστε να καλύψουν συγκεκριμένες ανάγκες και απαιτήσεις.

Η συσχέτιση μεταξύ ψηφιακού περιεχομένου και των κατάλληλων πνευματικών δικαιωμάτων (IPR) για τη χρήση και τη διαχείρισή του, καταλήγει στη δημιουργία των *ψηφιακών αντικειμένων ή αποκτημάτων (digital assets)*, όπως διαπιστώνεται και στο [3] (Κεφ. 1ο). Τα ψηφιακά αντικείμενα μπορούν να αναπαρασταθούν, να ανταλλαχθούν και να διανεμηθούν μόνο όταν υπάρχει βεβαιότητα όσον αφορά το καθεστών των πνευματικών τους δικαιωμάτων. Αντίγραφα ψηφιακών αντικειμένων, συνήθως μικρότερης

ποιότητας από τα πρωτότυπα, τα οποία μεταφέρουν πληροφορίες που σχετίζονται με πνευματική ιδιοκτησία (copyright), με σκοπό τη διασφάλιση των πνευματικών δικαιωμάτων στα πρωτότυπα, καλούνται *πληρεξούσια (proxies)*.

Ένα πληροφοριακό σύστημα το οποίο διαχειρίζεται ψηφιακά αντικείμενα καλείται *Σύστημα Διαχείρισης Ψηφιακών Αντικειμένων (Digital Asset Management System – DAMS)*. Υπάρχει μια πληθώρα ορισμών για τα DAMS. Από μια περιεκτική καταγραφή και σύνοψη των [15], [8], [13] και [7], ένα DAMS αποτελείται από εργαλεία υλικού / λογισμικού τα οποία επιτελούν μια σειρά διαχειριστικών λειτουργιών όπως : σύλληψη (capture) και απορρόφηση (ingest), δεικτοδότηση (indexing) και κατηγοριοποίηση, καταλογογράφηση (cataloging) και σχολιασμός (annotating), αποθήκευση και ανάκτηση, έλεγχος ροών εργασίας (workflow control), διασφάλιση και διαχείριση πνευματικών δικαιωμάτων, αναζήτηση και παρουσίαση (preview), επαναχρησιμοποιήση (re-use) και επαναστοχοποίηση (re-purpose), κωδικοποίηση (encoding) και μετατροπή (transformation), συντήρηση (preserve) και διατήρηση και, τελικά, εξαγωγή (export) και ευρεία διανομή (distribution) ψηφιακών αντικειμένων μέσω διαδικτυακών πυλών (web portals), σταθμών διανομής (broadcasting stations), υπηρεσιών ροών (streaming services) και συνεργατικών περιβαλλόντων (collaborative environments).

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούμε τον όρο DAMS για να αναφερθούμε σε ένα πληροφοριακό σύστημα το οποίο ολοκληρώνει όλη την προαναφερθείσα λειτουργικότητα σε ένα ασφαλές περιβάλλον λειτουργίας.

3. Αρχές σχεδιασμού DAMS αρχιτεκτονικών

Τα δύο κύρια συστατικά μέρη κάθε DAMS είναι η υλική υποδομή (hardware infrastructure) στην οποία στηρίζεται και τα κομμάτια λογισμικού (software components) με τα οποία υλοποιείται. Η υποδομή είναι το σύνολο εκείνο των υλικών πηγών αποθήκευσης (π.χ. δίσκοι), επεξεργασίας (π.χ. επεξεργαστές, μνήμες) και μετάδοσης (π.χ. δικτυακές υποδομές) του ψηφιακού περιεχομένου / αντικειμένων. Το λογισμικό αποτελεί το σύνολο εκείνο των προγραμμάτων που αναπτύσσονται σε μια ή περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου και τα οποία υλοποιούν τις υπηρεσίες – εφαρμογές του συστήματος καθώς και τις ολοκληρώνουν σε ένα ενιαίο περιβάλλον λειτουργικότητας, αξιοποιώντας το σύνολο των προσφερόμενων υλικών πηγών και πόρων της παρεχόμενης υποδομής. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός οποιουδήποτε DAMS πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του τόσο την υλική υποδομή στην οποία αυτό θα χτιστεί όσο και το λογισμικό που απαιτείται για να ολοκληρωθούν οι λειτουργίες του.

3.1 Γενικές κατευθύνσεις σχεδιασμού DAMS αρχιτεκτονικών

Είναι γεγονός ότι με το πέρασμα του χρόνου διευρύνεται συνεχώς ολόκληρο το φάσμα των απαιτήσεων που θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει ένα DAMS. Ακριβώς επειδή αυξάνονται οι δυνατότητες των υλικών υποδομών και βελτιστοποιείται το υπάρχον λογισμικό, απαιτήσεις όπως η λειτουργικότητα, η διασυνδεσιμότητα και η ολοκλήρωση, η αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων και η αποδοτική διαχείρισή του, η διαδικασία τεκμηρίωσης του ψηφιακού περιεχομένου, η ασφάλεια και η ακεραιότητα των δεδομένων, η ευρεία μετάδοση και προβολή προς το Διαδίκτυο, κ.ά, είναι λογικό να αυξάνονται τόσο σε ποσότητα όσο και σε ποιότητα. Το σύνολο των απαιτήσεων που πρέπει να καλυφθούν από ένα νεοσχεδιαζόμενο DAMS έχει άμεσο αντίκτυπο στην υποκείμενη αρχιτεκτονική του. Για το λόγο αυτό ο σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής αποτελεί το πρωταρχικό χαρακτηριστικό τόσο στην επίτευξη των στόχων ενός DAMS όσο και στην αποδοχή και ευχρηστία του. Γενικές κατευθυντήριες γραμμές για έναν επιτυχημένο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό αποτελούν :

1. η ***ευελιξία (flexibility)*** του DAMS, δηλαδή η επίτευξη της εύκολης χρήσης του σε συνδυασμό με την κάλυψη προχωρημένων λειτουργιών και υπηρεσιών. Το σύστημα θα πρέπει να παρέχει ένα φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον γραφικών διεπαφών (user friendly graphical user interface – GUI) στους χρήστες μέσω του οποίου αυτοί θα είναι σε θέση να εκτελούν ένα εκτεταμένο σύνολο ενεργειών που αφορούν από απλές έως πολυσύνθετες λειτουργίες. Μέσα από ένα τέτοιο ενιαίο περιβάλλον η λειτουργικότητα που προσφέρει το σύστημα καθίσταται ανεξάρτητη των υπολογιστικών συστημάτων και εργαλείων που βρίσκονται στο επίπεδο των χρηστών.

2. η ***προσαρμοστικότητα (adaptability)***, δηλαδή η ικανότητά του να λειτουργεί σε ετερογενή περιβάλλοντα και να συμβαδίζει με την εξέλιξη των υλικών υποδομών και του λογισμικού. Το σύστημα θα πρέπει να εξελίσσεται και να προσαρμόζεται σύμφωνα με τις οικονομικές και επιχειρηματικές στρατηγικές του οργανισμού που το χρησιμοποιεί. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται με την υιοθέτηση ενός γενικού αρχιτεκτονικού σχεδίου το οποίο απομονώνει τα επιμέρους κομμάτια λογισμικού από τις υφιστάμενες υλικές υποδομές απελευθερώνοντας, έτσι, την περαιτέρω ανάπτυξη και ολοκλήρωσή τους σε συνδυασμό με την μελλοντική αναβάθμιση των υποδομών.
3. η ***τμηματοποίηση (modularization)***, δηλαδή ο κατάλληλος διαχωρισμός του σε υποσυστήματα (components ή subsystems) που στηρίζονται σε ανεξάρτητες υλικές υποδομές, με σκοπό :
    - την ευέλικτη προσθήκη νέων υποσυστημάτων στο μέλλον καθώς και την αφαίρεση παλαιότερων που καθίστανται άχρηστα ή αναχρονιστικά (obsolete).
    - την άμεση ενεργοποίηση / απενεργοποίηση επιμέρους υποσυστημάτων που ενδεχομένως απαιτούνται ή όχι ανάλογα με τις συνθήκες και το περιβάλλον χρήσης του συστήματος καθώς και το παρεχόμενο επίπεδο λειτουργικότητάς του.
4. η ***κλιμάκωση (scalability)***, δηλαδή η δυνατότητα άμεσης επέκτασης της υλικής υποδομής του με την παράλληλη υποστήριξη, εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία ήδη υπαρχόντων ή νέων μονάδων λογισμικού (υποσυστημάτων). Καθώς παρατηρείται σήμερα μια ανοδική τάση της διανομής ψηφιακού περιεχομένου μέσω του Διαδικτύου, το σύστημα θα πρέπει να μεταχειρίζεται το σύνολο των ψηφιακών του αντικειμένων ως μια συλλογική, δικτυακά διαμοιραζόμενη οντότητα παρά ως μια κλειστή και απομονωμένη ομάδα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να ακολουθείται μια κλιμακώσιμη και κατανεμημένη αρχιτεκτονική η οποία θα απευθύνεται σε χρήστες και διαχειριστές που είναι γεωγραφικά διασκορπισμένοι μεταξύ τους παρέχοντάς τους το σύνολο της λειτουργικότητας του συστήματος και εξασφαλίζοντας, παράλληλα, την ορθή λειτουργία του.
5. η ***ολοκλήρωση (integration)***, δηλαδή η ευκολία συνύπαρξης, συνεργασίας ή και συγχώνευσης μέρους ή του συνόλου των λειτουργιών και των ροών εργασίας που παρέχει και διαχειρίζεται το σύστημα με αυτές άλλων υπολογιστικών συστημάτων παρεμφερούς σημασίας και στόχων (ή μη) με το σύστημα. Οι αυξανόμενες επιχειρησιακές λειτουργίες ενός οργανισμού είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν ή και να επιβάλλουν τη μετατροπή της διαχείρισης του ψηφιακού τους περιεχομένου σε ανώτερες επιχειρηματικές δραστηριότητες που αφορούν περισσότερα του ενός, και συνήθως ετερογενή μεταξύ τους, υπολογιστικά συστήματα. Με την έννοια αυτή ένα σύστημα θα πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρει εργαλεία διασύνδεσης με άλλα εξωτερικά υποσυστήματα και κομμάτια λογισμικού τα οποία θα επιτελούν με τη σειρά τους τρίτες λειτουργίες κομβικής σημασίας για τον οργανισμό. Η στρατηγική αυτή δίνει τη

δυνατότητα περαιτέρω αξιοποίησης των υπαρχόντων ηλεκτρονικών εφαρμογών και τρίτων πληροφοριακών συστημάτων του οργανισμού ενώ μπορεί να μειώσει το κόστος από την ανάγκη απόκτησης νέων εφαρμογών και αξιοποίησης εξειδικευμένου προσωπικού που θα τις χειριστεί.

6. η ***ευρωστία ή ανθεκτικότητα (robustness)***, δηλαδή η δυνατότητά του να αντέχει και να είναι σε θέση να αντιμετωπίζει τόσο τα λάθη που προέρχονται από τις μονάδες λογισμικού του όσο και την πιθανή απώλεια μέρους της υλικής υποδομής του. Σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός DAMS κανείς δεν μπορεί να εγγυηθεί ότι κανένα από τα προηγούμενα σενάρια δεν πρόκειται να συμβεί. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση στο σχεδιασμό του συστήματος κατάλληλων διεργασιών οι οποίες θα ανιχνεύουν και θα προλαμβάνουν τα πιθανά λάθη του υλικού και του λογισμικού ενώ θα αναλαμβάνουν να επαναφέρουν το σύστημα σε μια σταθερή κατάσταση λειτουργίας (consistent state) σε περίπτωση που αυτά συμβούν. Επί της ουσίας, μέσω των παραπάνω διεργασιών υλοποιούνται τα σχέδια ανάκαμψης του συστήματος από πιθανές αστοχίες ή καταστροφές (disaster and recovery plans) ενώ καθορίζεται και το επίπεδο ανεκτικότητάς του στα λάθη (fault tolerance).
7. η ***ασφάλεια και η ακεραιότητα των δεδομένων (security and data integrity)***, δηλαδή η εξασφάλιση της ελεγχόμενης πρόσβασης των χρηστών του συστήματος και η επίτευξη της ορθής και απρόσκοπτης διακίνησης των πληροφοριών, εντός και εκτός του συστήματος, καθόλη τη διάρκεια της ζωής τους. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται μέσω συνδυασμού ειδικών κρυπτογραφικών τεχνικών και άλλων τεχνολογιών ή υποσυστημάτων τα οποία διαχωρίζουν τους χρήστες και τους διαχειριστές του συστήματος σε ομάδες, αποδίδοντάς τους συγκεκριμένους ρόλους και δικαιώματα (προνόμια). Επιπλέον, επιβάλλεται η υιοθέτηση εξειδικευμένων τεχνικών ασφάλειας, όπως η κρυπτογράφηση του περιεχομένου, η υδατοσήμανση, τα εικονικά ιδιωτικά δίκτυα, οι υποδομές δημοσίου κλειδιού, οι ψηφιακές υπογραφές, κ.ά. Μέσω αυτών, το σύστημα προσφέρει στο σύνολο των χρηστών του ένα ασφαλές περιβάλλον λειτουργίας ενώ ταυτόχρονα εγγυάται τη συνέπεια και την ακρίβεια των δεδομένων του (data consistency and accuracy) αποθαρρύντας οποιουδήποτε είδους επίθεση από κάθε κακόβουλη οντότητα (adversarial entity).

Η κρισιμότερη, ίσως, από τις παραπάνω αρχές, πέραν του επιθυμητού επιπέδου ασφάλειας στους χρήστες, τις υπηρεσίες και τα δεδομένα, είναι η τμηματοποίηση των DAMS σε επιμέρους κομμάτια λογισμικού (υποσυστήματα). Αυτά πρέπει από τη μία να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά και από την άλλη να είναι όσο το δυνατόν πιο ανεξάρτητα και να στηρίζονται σε διακριτές φυσικές υποδομές. Η κάλυψη της αρχής αυτής αποτελεί ικανή και αναγκαία συνθήκη για την εγγύηση της ευελιξίας ενός DAMS, της κλιμάκωσης και της προσαρμογής του στις διαφορετικές συνθήκες καθώς και της ολοκλήρωσής του με άλλα υπάρχοντα (ή μη) πληροφοριακά συστήματα που βοηθούν στην κάλυψη των ολοένα και αυξανόμενων

απαιτήσεων. Επιπλέον, μέσω της τμηματοποίησης γίνεται πιο εύκολη η ανάδειξη των τρωτών και ευάλωτων στοιχείων (υλικου ή/και λογισμικού) του συστήματος με σκοπό την κάλυψη των περιπτώσεων απώλειάς τους ή και γενικότερων επιβλαβών επιθέσεων προς αυτό. Έτσι το σύστημα μπορεί να καταστεί περαιτέρω ανθεκτικό και ασφαλές.

Η εξειδίκευση των παραπάνω γενικών αρχών εισάγει και άλλες επιμέρους αρχές και έννοιες οι οποίες είναι εξίσου θεμελιώδεις και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό οποιουδήποτε DAMS. Παρακάτω εξειδικεύονται και αναλύονται οι αρχές αυτές.

3.2 Μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή

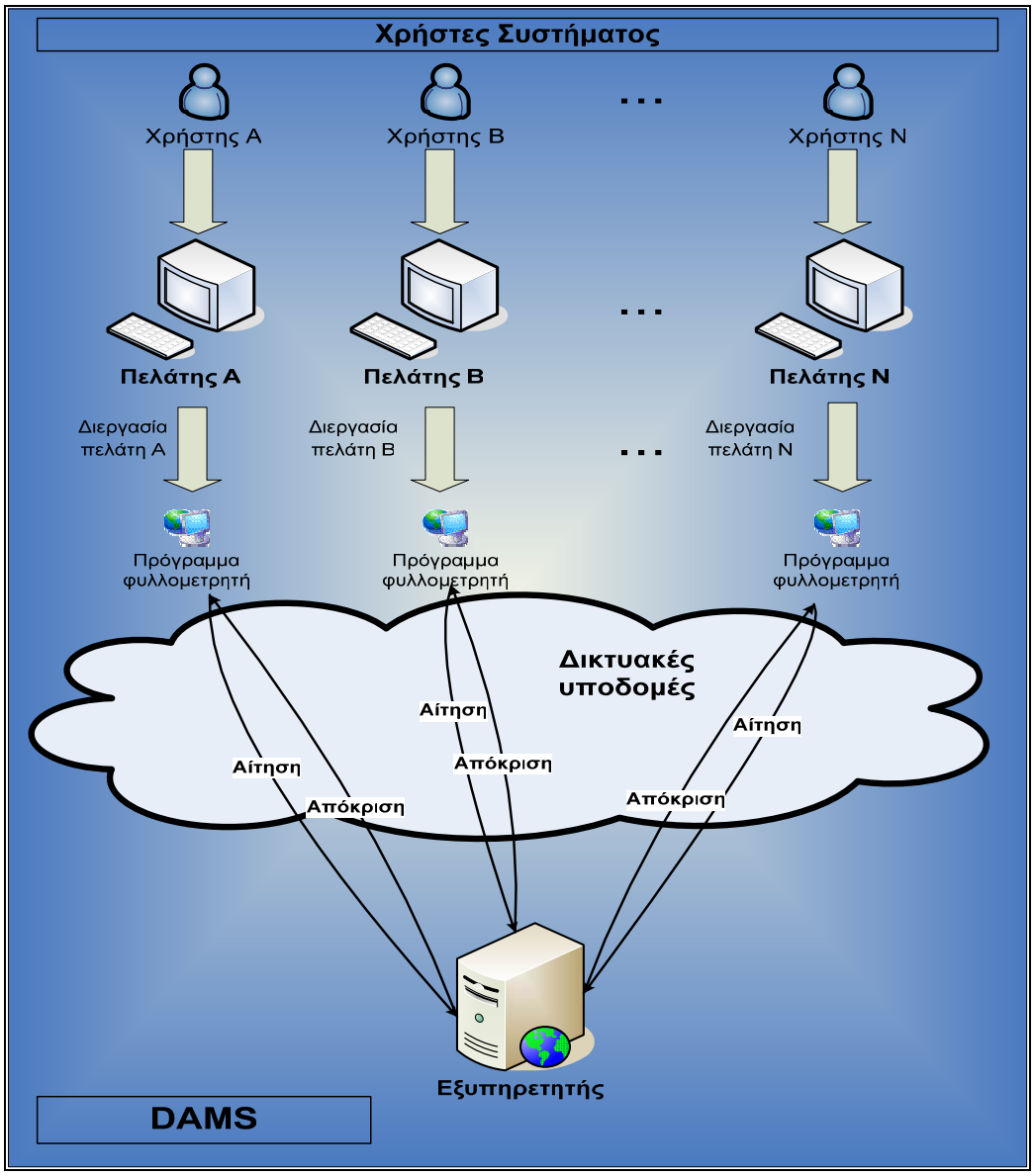
Αναπόσπαστο κομμάτι των υλικών πόρων κάθε DAMS είναι οι δικτυακές υποδομές του (τηλεπικοινωνιακές συσκευές, κόμβοι τηλεπικοινωνίας, φυσικές γραμμές μετάδοσης δεδομένων, τερματικές συσκευές, διαθέσιμο εύρος ζώνης του δικτύου). Αυτές απαρτίζουν ένα αυτόνομο σύστημα διασύνδεσης των επιμέρους υπολογιστικών μονάδων (hardware or software components) το οποίο τους επιτρέπει να διαμοιράζονται δεδομένα μέσα από τους ίδιους υλικούς πόρους. Υπολογιστικές μονάδες θεωρούνται τόσο οι μονάδες υλικού, όπως τερματικά ή πελάτες (terminals or clients), εξυπηρετητές (servers) και άλλες δικτυακές συσκευές (π.χ. δρομολογητές) όσο και μονάδες λογισμικού, όπως τα διάφορα υποσυστήματα που απαρτίζουν το σύστημα (π.χ. υποσύστημα διαχείρισης και αποθήκευσης δεδομένων). Κομμάτι των δικτυακών υποδομών θεωρούνται και όλες εκείνες οι διαδικασίες ή σύνολα εντολών (δικτυακά πρωτόκολλα – network protocols) που ορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστικές μονάδες επικοινωνούν μεταξύ τους. Σε κάθε περίπτωση η ορθή και αποτελεσματική διαχείριση του διαθέσιμου εύρους ζώνης, δηλαδή του βαθμού χρήσης των δικτυακών υποδομών, αποτελεί έναν από τους κρισιμότερους παράγοντες για την επιτυχία, την ευρεία αποδοχή και την ευχρηστία ενός DAMS.

Ωστόσο, η αποτελεσματική διαχείριση των δικτυακών υποδομών απαιτεί μια αρχιτεκτονική δομή η οποία να είναι απλή στη σύλληψη, να εφαρμόζεται εύκολα και να είναι αποδεκτή τόσο από τις υπολογιστικές μονάδες όσο και από τα διαφορετικά κομμάτια λογισμικού του συστήματος. Μια τέτοια αρχιτεκτονική δομή αποτελεί το *μοντέλο του πελάτη – εξυπηρετητή (client – server model).*

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό οι δικτυακές υποδομές ενός DAMS διασυνδέουν υπολογιστικές μονάδες που διαχωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες : τους διακομιστές ή εξυπηρετητές (servers) και τους πελάτες (clients). Για να πραγματοποιηθεί η επικοινωνία μεταξύ των εξυπηρετητών και των πελατών λαμβάνουν μέρος δύο διεργασίες (υπολογιστικές εφαρμογές) καθεμιά από τις οποίες εκτελείται στη μηχανή του εξυπηρετητή και του πελάτη αντίστοιχα. Η διεργασία – πελάτης στέλνει ένα μήνυμα – αίτηση (request) μέσω του δικτύου στη διεργασία – εξυπηρετητή. Στη συνέχεια η διεργασία – πελάτης αναμένει ένα μήνυμα απάντησης (response). Όταν η διεργασία – εξυπηρετητή λάβει την αίτηση, εκτελεί τη ζητούμενη εργασία (π.χ.

ανακτά, τροποποιεί, αποθηκεύει δεδομένα) και επιστρέφει μια απάντηση. Μια διεργασία – εξυπηρετητή μπορεί να δεχτεί και να εξυπηρετήσει πολλαπλές αιτήσεις τόσο από την ίδια όσο και από διαφορετικές διεργασίες – πελάτη.

Οι εξυπηρετητές είναι, στη συνήθη περίπτωση, ισχυροί υπολογιστές στους οποίους αποθηκεύονται μεγάλοι όγκοι δεδομένων. Αυτοί τοποθετούνται σε κεντρικά σημεία της υποδομής έτσι ώστε να είναι προσπελάσιμοι από όσο το δυνατόν περισσότερους πελάτες και να συντηρούνται εύκολα από τους διαχειριστές του συστήματος. Επιπλέον, ακριβώς επειδή δέχονται και επεξεργάζονται τις αιτήσεις των πελατών θεωρούνται οι παθητικές μονάδες (passive units) του μοντέλου.



Εικόνα 1Α : Μοντέλο πελάτη - εξυπηρετητή

Αντίθετα, οι πελάτες είναι, στη συνήθη περίπτωση, υπολογιστές κατώτερης ισχύος και είναι αυτοί που χρησιμοποιούν οι χρήστες του συστήματος για να επικοινωνήσουν μ' αυτό και για να προσπελάσουν τα απομακρυσμένα

δεδομένα του. Οι πελάτες μπορεί να είναι διασκορπισμένοι και στα πιο απόμακρα σημεία της υποδομής ενώ θεωρούνται οι ενεργητικές μονάδες (active units) του μοντέλου ακριβώς επειδή αποστέλλουν αιτήσεις και περιμένουν αποκρίσεις. Τέλος, οι πελάτες υλοποιούν τις διεπαφές ανθρώπου – υπολογιστή (π.χ γραφικά περιβάλλοντα), παρέχοντας έτσι στους χρήστες τους ένα ενιαίο, φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον για την αποστολή των αιτήσεων προς του εξυπηρετητές.

Η υιοθέτηση του μοντέλου πελάτη – εξυπηρετητή καθιστά ολόκληρη τη λειτουργικότητα και τις υπηρεσίες ενός DAMS προσπελάσιμες από τους χρήστες μέσω των δικτυακών υποδομών του. Για το λόγο αυτό οι υπηρεσίες μπορούν να θεωρηθούν ως διαδικτυακές εφαρμογές (web services or applications). Στην περίπτωση αυτή οι διεπαφές ανθρώπου – υπολογιστή ολοκληρώνονται μέσα από τα προγράμματα φυλλομετρητή (web browsers) των πελατών. Η προσέγγιση αυτή, σε συνδυασμό με την επέκταση των δικτυακών υποδομών και την κατάλληλη ενσωμάτωσή τους στο Διαδίκτυο, προσφέρει τη δυνατότητα ευρείας διάθεσης του περιεχομένου και των υπηρεσιών του συστήματος προς όλους τους χρήστες του Διαδικτύου.

Στην Εικόνα 1Α φαίνεται μια υλοποίηση του μοντέλου πελάτη – εξυπηρετητή σε ένα DAMS. Σ’ αυτήν απεικονίζεται ένας εξυπηρετητής του συστήματος που απαντά σε αιτήσεις πολλαπλών πελατών. Για τη δημιουργία των αιτήσεων οι χρήστες του συστήματος χρησιμοποιούν κατάλληλες διεπαφές (μέσω προγραμμάτων φυλλομετρητή) οι οποίες υλοποιούνται στους αντίστοιχους πελάτες (τερματικά).

3.3 Πολυεπίπεδες αρχιτεκτονικές

Σε πολλές περιπτώσεις οι υλικές υποδομές ενός DAMS μπορεί να καθίστανται ανεπαρκείς για την αποθήκευση και τη διαχείριση μεγάλων όγκων δεδομένων. Στη γενική περίπτωση, πόροι όπως οι μνήμες, η επεξεργαστική ισχύς, οι χώροι αποθήκευσης και το εύρος ζώνης του δικτύου καταναλώνονται πολύ εύκολα με την αναποτελεσματική διαχείριση της διακινούμενης πληροφορίας από και προς καθώς και εντός ενός συστήματος. Ακόμη και στις περιπτώσεις όπου οι οργανισμοί έχουν πληρώσει το μέγιστο δυνατό οικονομικό και επιχειρησιακό κόστος για την αύξηση, τη βελτίωση ή/και την αναβάθμιση των υλικών πόρων τους, αυτοί μπορεί να καθίστανται γρήγορα αργοί, αναποτελεσματικοί και, τελικά, άχρηστοι. Είναι ευνόητο ότι εφόσον καταστάσεις σαν κι αυτές μπορεί να συμβούν συχνά κατά τη διάρκεια της παραγωγικής λειτουργίας ενός DAMS, είναι απαραίτητο να ακολουθούνται τεχνικές λύσεις που θα τις προλαμβάνουν και να αποφεύγονται λύσεις που θα εφαρμόζονται μόνο όταν προκύπτει πρόβλημα.

Σύμφωνα με τη γενική αρχή της τμηματοποίησης, ένας τρόπος αποδοτικής διαχείρισης των δεδομένων ενός συστήματος, και άρα έξυπνης χρήσης των πόρων του, παρέχεται με την κατάλληλη διάσπαση του λογισμικού σε αυτόνομες μονάδες (υποσυστήματα) με στόχο αυτές να στηρίζονται σε όσο το δυνατόν πιο ανεξάρτητες μεταξύ τους υλικές υποδομές. Αυτή η διάσπαση σχετίζεται άμεσα με την *επιχειρησιακή λογική (business logic)* του συστήματος.

Η επιχειρησιακή λογική περιλαμβάνει και περιγράφει όλους εκείνους τους τρόπους (π.χ. διεργασίες, συναρτήσεις, αλγόριθμοι) με τους οποίους γίνεται η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των σημείων αποθήκευσης των δεδομένων (π.χ. βάσεις δεδομένων, εξυπηρετητές αρχείων ή πολυμέσων) και των διεπαφών των χρηστών (γραφικά περιβάλλοντα). Η ολοκλήρωση της επιχειρησιακής λογικής στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και την κατάτμηση του λογισμικού ενός DAMS σε αυτόνομες μονάδες προϋποθέτει και υϊοθετεί, ουσιαστικά, το *μοντέλο της πολύ – επίπεδης αρχιτεκτονικής (multi-tier architecture scheme)*.

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό τα επιμέρους υποσυστήματα κατανέμονται σε διαφορετικά επίπεδα (tiers or layers) ανάλογα με τις ανάγκες που έρχονται να καλύψουν, τη λειτουργικότητα που υλοποιούν και τα σημεία που εκτελούνται (π.χ. στους πελάτες ή στους εξυπηρετητές). Σε ένα επίπεδο συνυπάρχουν τόσο τα υποσυστήματα όσο και οι υλικοί πόροι που απαιτούνται για να εκτελεστούν αυτά. Το μοντέλο της πολύ – επίπεδης αρχιτεκτονικής βασίζεται στην αρχή του πελάτη – εξυπηρετητή που αναπτύχθηκε παραπάνω. Έτσι, τα επίπεδα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ορίζοντας τον τρόπο επικοινωνίας του τελικού χρήστη με το σύστημα καθώς και τη ροή πληροφορίας που ανταλλάσσεται μεταξύ τους.

Σε γενικές γραμμές, η αρχιτεκτονική ενός DAMS πρέπει να περιλαμβάνει έως και n διακριτά επίπεδα (n – tier αρχιτεκτονική). Ωστόσο η πιο συχνά εφαρμοζόμενη περίπτωση αρχιτεκτονικής είναι αυτή των 3 επιπέδων. Σ' αυτήν η αποθήκευση των δεδομένων και οι διεπαφές των χρηστών ορίζουν τα δύο ακραία επίπεδα ενώ το μεσαίο επίπεδο καταλαμβάνει η υλοποίηση της επιχειρησιακής λογικής που ακολουθεί το λογισμικό του συστήματος. Στη συνήθη περίπτωση, τα επίπεδα απαιτούν και απασχολούν διαφορετικούς φυσικούς πόρους ενώ πρέπει να υλοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ανεξάρτητα υπολογιστικών πλατφορμών (π.χ. λειτουργικών συστημάτων). Τα 3 επίπεδα από κάτω προς τα πάνω αναλύονται παρακάτω :

1. **Επίπεδο δεδομένων (data tier) :** εδώ γίνεται η αποθήκευση των πληροφοριών που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του συστήματος. Στη γενική περίπτωση απαρτίζεται από εξυπηρετητές που φιλοξενούν 2 βασικά υποσυστήματα :
    - **Αρχειακό σύστημα αποθήκευσης (file storage system) :** βασίζεται στην παρουσία πόρων φυσικής αποθήκευσης δεδομένων (π.χ. σκληροί δίσκοι, φορητές μονάδες αποθήκευσης) καθώς και εξυπηρετητών αρχείων (file servers). Κύρια αποστολή του είναι η αποθήκευση των δεδομένων του συστήματος σε ψηφιακά αρχεία (digital files) διαφόρων τύπων (formats) καθώς και η διαχείριση των αρχείων αυτών (π.χ. αντιγραφή, τροποποίηση, ορισμός δικαιωμάτων, συμπίεση, μετατροπή τύπου, κρυπτογράφηση, κτλ). Τα αρχεία θα πρέπει να είναι συμβατά με όσο το δυνατόν περισσότερες πλατφόρμες λειτουργικών συστημάτων (π.χ. Windows, Unix, Linux, Mac OS).

- **Σύστημα διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (DataBase Management System – DBMS)** : είναι υπεύθυνο για μια σειρά λειτουργιών όπως η δημιουργία, η τροποποίηση, η διαγραφή και η διαχείριση βάσεων δεδομένων, η συντήρησή τους (maintenance), ο ελέγχος των συνδέσεων (connection control) και των δικαιωμάτων σ' αυτές (rights management), η εκτέλεση συναλλαγών (transactions), η δεικτοδότηση (indexing), η δημιουργία αναφορών μέσα από κατάλληλες υπηρεσίες (reporting services), η καταγραφή λαθών ή άλλων ενεργειών (error logging), η υποστήριξη της ANSI SQL και η δυνατότητα συγγραφής SQL συναρτήσεων (user-defined functions – UDFs) και stored procedures, η διασύνδεση μέσω κατάλληλων οδηγών (π.χ. ODBC, JDBC), κτλ. Τυπικά παραδείγματα DBMS αποτελούν οι Microsoft Access, SQL Server, Sybase, DB2, Oracle (εμπορικά), MySQL (ανοικτού κώδικα), PostgreSQL (αντικειμενοστραφή), κ.ά.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των δεδομένων ενός συστήματος μπορεί να βασιστεί σε ένα μόνο από τα παραπάνω υποσυστήματα. Για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο το DBMS ή μόνο το αρχειακό σύστημα αποθήκευσης. Στην 1η περίπτωση η αποθήκευση των αρχείων μπορεί να γίνει απευθείας σε πίνακες βάσεων δεδομένων (π.χ. μέσω της χρήσης πεδίων blobs) ενώ στη 2η τα δεδομένα μπορούν να αποθηκεύονται υπό τη μορφή αρχείων (π.χ. μέσω της χρήσης της XML). Ωστόσο, για λόγους ευελιξίας, απόδοσης, ασφάλειας και ευκολίας στη διαχείριση και την υλοποίηση (π.χ. αποφυγή της αποθήκευσης αρχείων σε blobs ή τήρηση καταλόγων σε αρχεία τύπου XML, κτλ.), ενδείκνυται η χρήση και των 2 υποσυστημάτων. Έτσι, το επίπεδο δεδομένων επικοινωνεί με το αμέσως επόμενό του (επίπεδο εφαρμογών) μέσω αιτήσεων / αποκρίσεων προς και από τα 2 υποσυστήματά του : το DBMS δέχεται επερωτήσεις από το επίπεδο εφαρμογών, τις επεξεργάζεται και αποστέλλει πίσω τα αποτελέσματα ενώ το σύστημα αρχείων αποθηκεύει αρχεία και εκτελεί λειτουργίες πάνω σ' αυτά σύμφωνα με τις προηγούμενες αιτήσεις.

2. **Επίπεδο εφαρμογών (application or business logic tier) :** εδώ υφίστανται όλα τα επιμέρους υποσυστήματα που υλοποιούν τις λειτουργίες και υπηρεσίες του DAMS. Τα υποσυστήματα συνθέτουν την επιχειρησιακή λογική και ορίζουν τον τρόπο διαχείρισης και επεξεργασίας των δεδομένων ανεξαρτήτως του τρόπου παρουσίασής τους στον τελικό χρήστη (επίπεδο παρουσίασης) και αποθήκευσής τους στις φυσικές μονάδες αποθήκευσης (επίπεδο δεδομένων). Οι λειτουργίες είναι αυτοτελείς υπό την έννοια ότι εκτελούνται αυτόματα, επεξεργάζονται συγκεκριμένα δεδομένα και παρέχουν προκαθορισμένες εξόδους. Με τον τρόπο αυτό, για τους εξυπηρετητές στους οποίους φιλοξενούνται τα υποσυστήματα δεν απαιτείται να υπάρχουν αντίστοιχες διεπαφές χρήστη (γραφικά περιβάλλοντα).

   Το επίπεδο εφαρμογών είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά των δεδομένων του συστήματος από το επίπεδο δεδομένων στο επίπεδο παρουσίασης σε μορφή αντιληπτή από τους τελικούς χρήστες και αντίστροφα. Ουσιαστικά,

αναλαμβάνει να συλλέξει τις αιτήσεις των χρηστών και να τις εκτελέσει επικοινωνώντας με το επίπεδο δεδομένων. Οι υπευθυνότητές του ολοκληρώνονται με τη δόμηση εύληπτων αποκρίσεων – απαντήσεων στις αιτήσεις των χρηστών.

Τα υποσυστήματα του επιπέδου των εφαρμογών μπορούν να χωριστούν περαιτέρω σε υποομάδες, συγκροτώντας νέα επίπεδα (4 or n – tier αρχιτεκτονική). Για παράδειγμα, ένα υποσύστημα διαχείρισης ψηφιακών δικαιωμάτων (digital rights management) και ένα υποσύστημα πιστοποίησης χρηστών μπορεί να συνιστούν ένα επίπεδο ασφάλειας (security layer) εντός του επιπέδου εφαρμογών.

Ακριβώς επειδή οι υπηρεσίες ενός DAMS παρέχονται μέσω των δικτυακών υποδομών του και αποτελούν διαδικτυακές εφαρμογές, όπως αναπτύχθηκε στο μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή, το επίπεδο εφαρμογών χωρίζεται, στη γενική περίπτωση, σε 2 επιμέρους επίπεδα :

- **Επίπεδο διαδικτύου (web tier) :** περιέχει τον εξυπηρετητή διαδικτύου (web server). Αυτός αναλαμβάνει να επεξεργαστεί τις αιτήσεις που υποβάλλουν οι χρήστες μέσω των προγραμμάτων φυλλομετρητή τους (π.χ. http ή https αιτήσεις). Αν οι αιτήσεις αφορούν στατικά δεδομένα (π.χ. στατικές HTML σελίδες) ο εξυπηρετητής αναλαμβάνει να τα αποστείλει άμεσα προς τους χρήστες. Αν όμως οι αιτήσεις αφορούν δυναμικά δεδομένα τότε αναλαμβάνει να ενεργοποιήσει τον εξυπηρετητή εφαρμογών (επίπεδο εφαρμογών). Τέλος, είναι αυτός που θα παραλάβει τα μορφοποιημένα δεδομένα από τον εξυπηρετητή εφαρμογών και θα τα αποστείλει στο χρήστη. Τυπικά παραδείγματα εξυπηρετητών διαδικτύου είναι ο Apache server (ανοικτού κώδικα), ο Microsoft IIS (εμπορικός), κ.ά.
- **Επίπεδο εφαρμογών (application tier) :** περιέχει τον εξυπηρετητή εφαρμογών (application server). Αυτός θα παραλάβει τις οδηγίες εκείνες (π.χ. scripts) που αφορούν δυναμικά εμφανιζόμενα δεδομένα ή άλλες λειτουργίες προς εκτέλεση από τον εξυπηρετητή διαδικτύου. Θα εκτελέσει τις οδηγίες αυτές και όπου βρεί σ' αυτές αιτήσεις για διάφορες πληροφορίες που υπάρχουν σε βάση δεδομένων θα αναλάβει να στείλει τις αντίστοιχες επερωτήσεις (queries) προς το DBMS. Τέλος, θα αναλάβει να δομήσει τις απαντήσεις από το DBMS σε μορφή αντιληπτή από το χρήστη (π.χ. HTML), σύμφωνα και με τις αρχικές οδηγίες, και θα στείλει ολόκληρη την ομάδα ξανά στον web server. Τυπικά παραδείγματα εξυπηρετητών εφαρμογών είναι οι Java EE servers (π.χ. JBoss, IBM WebSphere, Oracle Application Server, Apache Tomcat, …), η PHP (ανοικτού κώδικα), η .NET Microsoft platform, κ.ά.

3. **Επίπεδο παρουσίασης (presentation tier) :** εδώ υπάρχουν τα γραφικά περιβάλλοντα μέσω των οποίων οι χρήστες του συστήματος αποκτούν πρόσβαση στις υπηρεσίες και τα δεδομένα του. Αποτελεί το μόνο ορατό επίπεδο στους χρήστες και αναλαμβάνει να δώσει τη δυνατότητα διαχείρισης των υπηρεσιών και να προβάλλει τα δεδομένα (παρουσίαση

των αποκρίσεων – απαντήσεων του επιπέδου εφαρμογών) με τρόπο κατανοητό από τους χρήστες. Το επίπεδο παρουσίασης υλοποιείται στους πελάτες (π.χ. τερματικά) του συστήματος και πρέπει να παρέχει ένα παραθυρικό περιβάλλον που να επιτρέπει την παράλληλη εκτέλεση πολλαπλών λειτουργιών. Γενικά, τα παραθυρικά περιβάλλοντα πρέπει να τηρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές, όπως να είναι φιλικά και εύχρηστα, να προσφέρουν καθοδήγηση στους χρήστες (π.χ. μέσω μηνυμάτων βοήθειας), να παραμετροποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες ομάδων χρηστών ή ακόμη και συγκεκριμένων ατόμων (personalization), να υποστηρίζουν διαφορετικές γλώσσες (multilanguage), κ.ά.

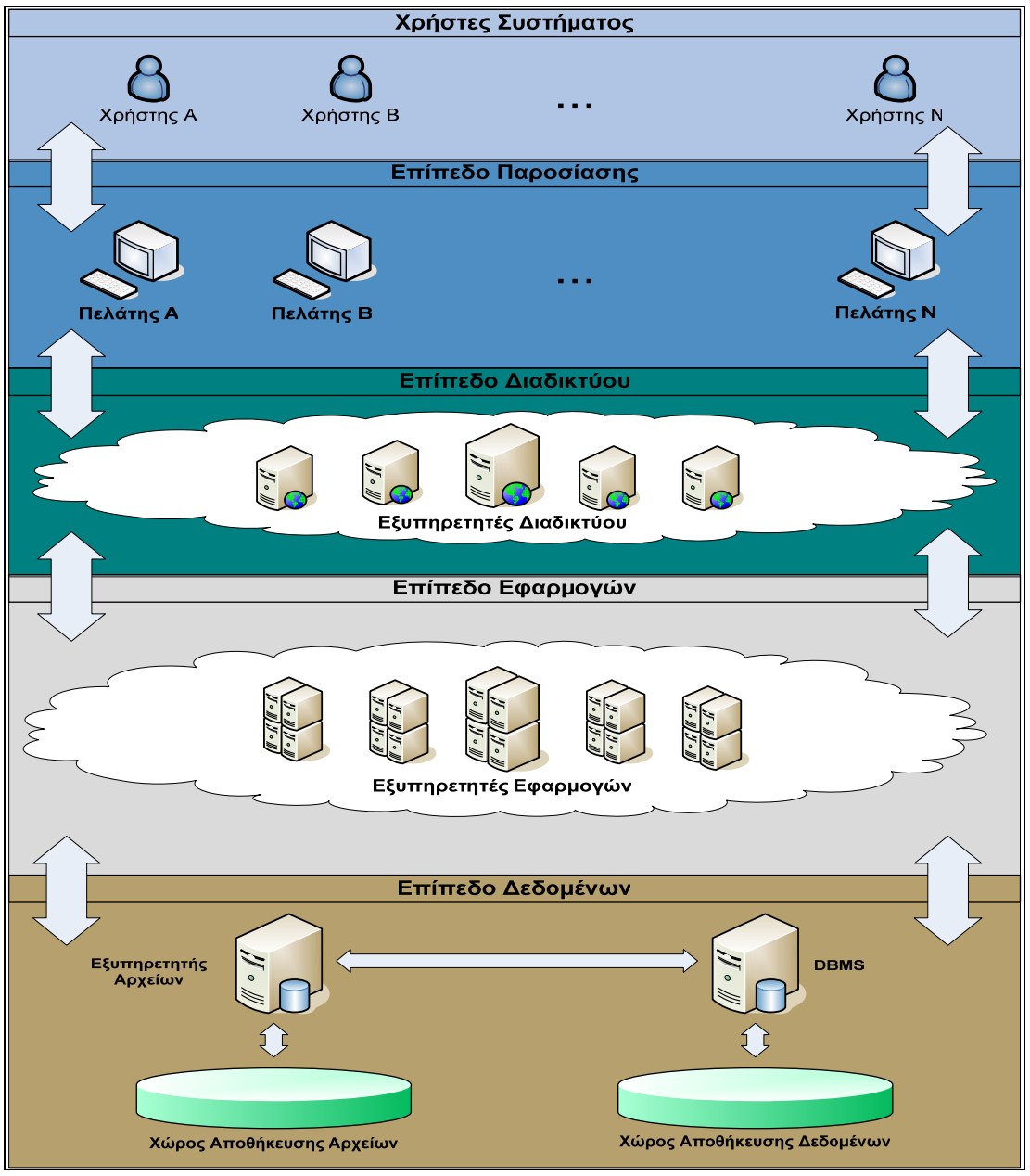
Στη συνήθη περίπτωση υλοποίησης των υπηρεσιών ως διαδικτυακών εφαρμογών, ένα παραθυρικό περιβάλλον ολοκληρώνεται μέσα σε έναν ενιαίο χώρο εργασίας η εμφάνιση του οποίου προσφέρεται στο χρήστη μέσω προγραμμάτων φυλλομετρητή. Τα προγράμματα αυτά αναλαμβάνουν να αποστείλουν τις αιτήσεις των χρηστών προς το επίπεδο διαδικτύου (π.χ. μέσω του http πρωτοκόλλου) και να παρουσίασουν στο παραθυρικό περιβάλλον τα τελικά δεδομένα που θα λάβουν. Τυπικά παραδείγματα προγραμμάτων φυλλομετρητή είναι οι Internet Explorer, Mozilla Firefox, Netscape Navigator, Opera, Safari, κ.ά.

Σε γενικές γραμμές ένα DAMS μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες που απαιτούν αυξημένη διαθεσιμότητα πόρων (π.χ. υπηρεσία ανάλυσης αρχείων βίντεο). Όπως αναφέρθηκε στο μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή, οι πελάτες είναι συνήθως υπολογιστές κατώτερης ισχύος. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα και τις απαιτήσεις σε πόρους του επιπέδου παρουσίασης (π.χ. επεξεργαστική ισχύς, γραφική αναπαράσταση των δεδομένων, αποθήκευση σε προσωρινές ή φορητές μονάδες αποθήκευσης, διασύνδεση με το δίκτυο, κ.ά), οι πελάτες μπορεί να έχουν αυξημένες ή μη δυνατότητες (rich or thin clients). Η ορθή επιλογή του κατάλληλου πελάτη πρέπει να λαμβάνει υπόψιν τις ανάγκες που έρχεται αυτός να καλύψει και να σταθμίζει το οικονομικό κόστος σε σχέση με τις απαιτήσεις σε πόρους.

Κύριος στόχος της πολυ – επίπεδης αρχιτεκτονικής είναι η προσθήκη, αναβάθμιση ή αντικατάσταση του υλικού ή / και λογισμικού που βρίσκονται σε ένα επίπεδο να μπορεί να συμβεί ανεξάρτητα από τα άλλα επίπεδα και να μην τα επηρεάζει. Η κάλυψη του στόχου αυτού έχει ως αποτέλεσμα :

1. την κλιμακούμενη απόδοση της αρχιτεκτονικής (καθένα από τα επιμέρους επίπεδα μπορεί να βρίσκεται σε διαφορετικό μηχάνημα – εξυπηρετητή)
2. την ευελιξία στην προσθήκη και αφαίρεση υλικού (πχ. μηχανημάτων – εξυπηρετητών, χώρων αποθήκευσης)
3. την εύκολη ενεργοποίηση / απενεργοποίηση των υποσυστημάτων που κάθε φορά απαιτούνται.
4. την κατανομή του φόρτου εργασίας μεταξύ των υποσυστημάτων αφού υποσυστήματα που ανήκουν σε διαφορετικά επίπεδα μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα και παράλληλα.

Η Εικόνα 2Α απεικονίζει ένα τυπικό παράδειγμα εφαρμογής της 3 – επίπεδης αρχιτεκτονικής σε ένα DAMS που παρέχει τις υπηρεσίες του ως διαδικτυακές εφαρμογές μέσω των δικτυακών υποδομών του.



Εικόνα 2Α : 3-επίπεδη αρχιτεκτονική ενός τυπικού DAMS

3.4 Κλιμάκωση μέσω κατανομής

Ευρισκόμενο σε πραγματικές συνθήκες και σε παραγωγική λειτουργία ένα DAMS μπορεί να διαχειρίζεται ένα μεγάλο αριθμό χρηστών και διαχειριστών, να αποθηκεύει και να μεταδίδει τεράστιους όγκους δεδομένων καθώς και να εκτελεί πολλαπλές λειτουργίες σε πολλαπλούς τύπους ψηφιακών αντικειμένων. Μάλιστα, πρέπει όλες αυτές τις λειτουργίες να τις επιτελεί προσφέροντας μια υψηλού επιπέδου ασφάλεια, απόδοση και αξιοπιστία. Από την άλλη, για την κάλυψη όλων αυτών των αναγκών και λειτουργιών

επιβάλλεται η χρήση μεγάλου αριθμού κεντρικών εξυπηρετητών και βάσεων δεδομένων. Το γεγονός αυτό εισάγει με τη σειρά του έναν μεγάλο, ίσως και αξεπέραστο, βαθμό συμφόρησης στη διακίνηση των δεδομένων, με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης έως και τη διακοπή της απρόσκοπτης λειτουργίας του συστήματος.

Για το λόγο αυτό πρέπει να υιοθετείται η *αρχή της κλιμάκωσης μέσω κατανομής (scalability by distribution)*. Βασική φιλοσοφία της αρχής αυτής είναι η ευέλικτη προσθήκη πόρων υλικού ή λογισμικού (hardware or software resources) στο σύστημα κάθε φορά που απαιτείται μεγαλύτερη απόδοση ή περισσότερος χώρος αποθήκευσης. Ουσιαστικά μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα DAMS σε συνδυασμό και συμπληρωματικά με την αρχή της πολύ – επίπεδης αρχιτεκτονικής που αναπτύχθηκε παραπάνω. Παρακάτω ακολουθούν οι απαιτήσεις που εισάγει η αρχή :

1. Κάθε διακριτή μονάδα λογισμικού ή υποσύστημα του συστήματος θα πρέπει να εκτελείται σε μια πλατφόρμα εξυπηρετητή που είναι εξ' ολοκλήρου αφιερωμένη σ' αυτό και εξειδικευμένη γι' αυτό (dedicated server platform). Σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η εγκατάσταση μονάδων λογισμικού και υποσυστημάτων σε περισσότερους του ενός εξυπηρετητές της διατιθέμενης υποδομής. Κάτι τέτοιο εισάγει την επιπρόσθετη απαίτηση οι πλατφόρμες των εξυπηρετητών να μην είναι αφιερωμένες σε ένα αλλά σε σύνολα υποσυστημάτων ή σε ευρύτερες λειτουργίες στις οποίες εμπλέκονται περισσότερα του ενός υποσυστήματα (π.χ. αποθήκευση ή δημιουργία ψηφιακού περιεχομένου).
2. Εφόσον τα υποσυστήματα κατανέμονται σε εξυπηρετητές οι οποίοι μπορεί να είναι απομακρυσμένοι μεταξύ τους, το δικτυακό πρωτόκολλο που θα εγκαθιδρύσει τη μεταξύ τους επικοινωνία θα πρέπει να εφαρμοστεί πάνω από Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks – WAN).
3. Όπου είναι δυνατό, τα υποσυστήματα θα πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να εκτελεστούν πολλαπλά στιγμιότυπά τους στον ίδιο χρόνο. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η συνολική απόδοση (performance) και διαθεσιμότητα (availability) του συστήματος μέσω της κατανομής του διακινούμενου φόρτου (load distribution) των δεδομένων του και των διεργασιών που φέρει σε πέρας.
4. Τα υποσυστήματα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ανεξάρτητα από εξειδικευμένο υλικό και να μην απαιτούν, όπου είναι εφικτό, την υποστήριξη μεγάλων, δύσχρηστων και ακριβών υποδομών για να λειτουργήσουν σωστά. Στόχος είναι η εγκατάσταση και η ορθή λειτουργία των υποσυστημάτων σε οποιαδήποτε πλατφόρμα εξυπηρετητή που διατίθεται από την υλική υποδομή του συστήματος.
5. Στο σύνολό τους τα υποσυστήματα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ανθεκτικά (resilient) σε πιθανή μη διαθεσιμότητα (unavailability) άλλων υποσυστημάτων, ακόμη και σε αστοχία ή απώλεια υλικού (hardware misuse or failure). Ουσιαστικά θα πρέπει ο σχεδιασμός τους να προβλέπει διαδικασίες ανάνηψης από καταστροφές (disaster and recovery plans) καθώς και στρατηγικές άμεσης επανασύνδεσής τους (reconnect procedures)

με το υπόλοιπο σύστημα σε περίπτωση αστοχίας ή πιθανής μη διαθεσιμότητάς τους για κάποιο χρονικό διάστημα.

6. Είναι επιθυμητό να γίνεται η εγκατάσταση ενός υποσυστήματος σε περισσότερους του ενός εξυπηρετητές οι οποίοι μπορεί να είναι απομακρυσμένοι μεταξύ τους. Η διαδικασία αυτή δίνει τη δυνατότητα επανενεργοποίησης ενός υποσυστήματος όποτε αυτό καταστεί αναγκαίο (για παράδειγμα όταν απαιτηθεί η άμεση ανάνηψή του από μια αποτυχία του υφιστάμενου υλικού). Επιπλέον, εγγυάται την απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος και βοηθά στην υλοποίηση σεναρίων ανάκαμψης (failover scenarios) τα οποία μπορούν να εκτελεστούν τόσο από τον ανθρώπινο παράγοντα (διαχειριστές) όσο και από προχωρημένα πακέτα λογισμικού.

3.5 Ομάδες υπηρεσιών

Η λειτουργικότητα ενός DAMS παρέχεται και βασίζεται πάνω στις υπηρεσίες του. Μια υπηρεσία (service) είναι μια αυτοτελής μονάδα λογισμικού (software module) η οποία επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Παραδείγματα υπηρεσιών είναι η απορρόφηση και αποθήκευση ψηφιακών αντικειμένων προς το σύστημα, η εξαγωγή του περιεχομένου, η τεκμηρίωση και ο εμπλουτισμός του με μεταδεδομένα, η ανάλυση και μετατροπή του σε άλλες μορφές, η συσχέτισή του με άλλο ψηφιακό περιεχόμενο, η εφαρμογή εξειδικευμένων εργασιών ασφάλειας στα αντικείμενα (π.χ. υδατοσήμανση), κ.ά.

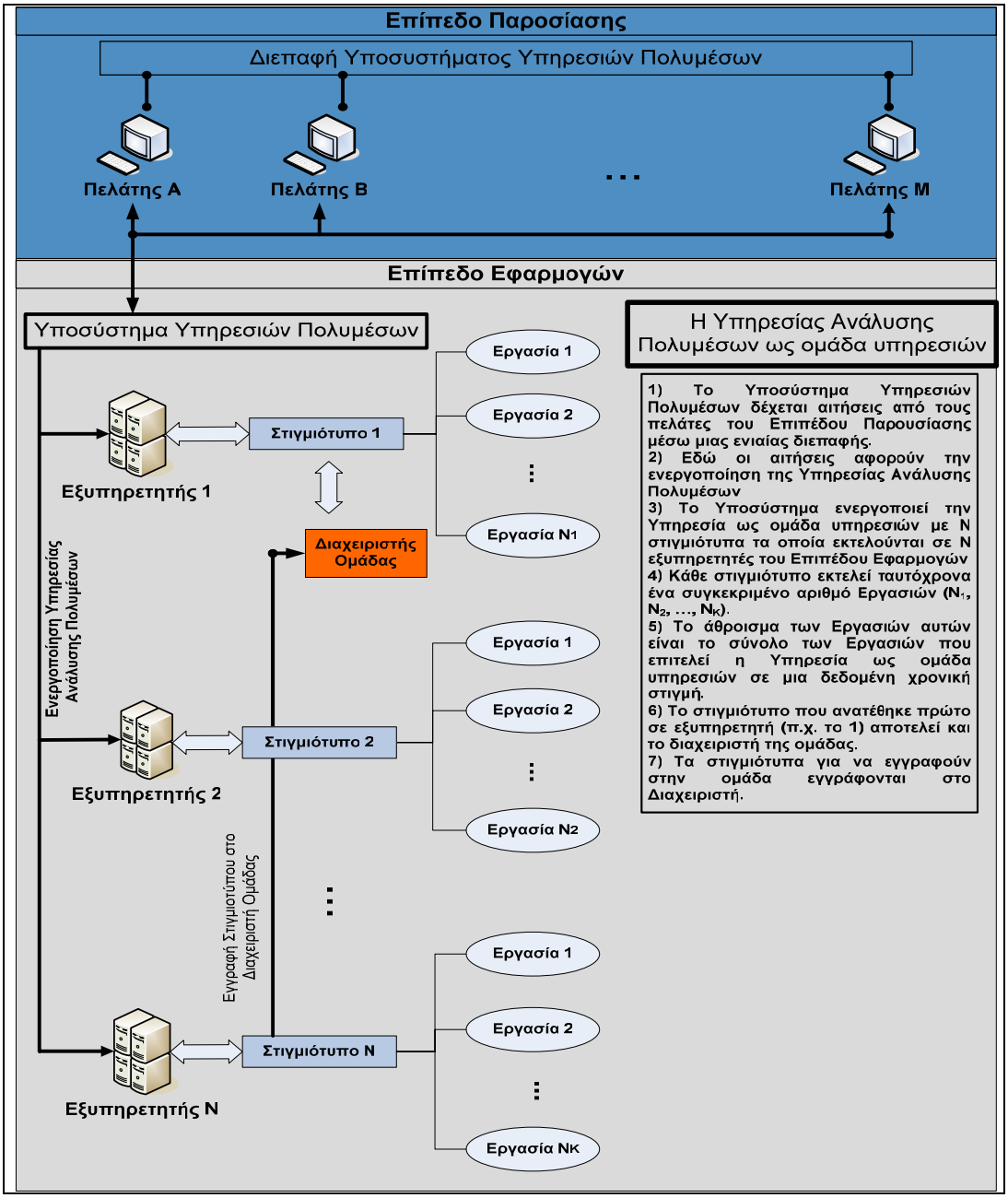
Από την πλευρά των δεδομένων του συστήματος, μια υπηρεσία, σε γενικές γραμμές, προσπελαύνει δεδομένα (αντικείμενα και/ή μεταδεδομένα) για να τα εισάγει ή να τα εξάγει από το σύστημα, για να τα τροποποιήσει και για να δημιουργήσει καινούργια. Συμβαδίζοντας με την αρχή της κλιμάκωσης μέσω κατανομής που αναπτύχθηκε παραπάνω, τα υποσυστήματα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίζουν την ταυτόχρονη εκτέλεση πολλαπλών στιγμιοτύπων (instances) των υπηρεσιών.

Για το λόγο αυτό εισάγεται η *αρχή της ομάδας ισότιμων μεταξύ τους υπηρεσιών (peer service group concept)*. Σύμφωνα με την αρχή αυτή κάθε υπηρεσία διασπάται σε πολλαπλά στιγμιότυπα (instances) τα οποία μπορεί να εκτελούνται σε γεωγραφικά κατανεμημένες πλατφόρμες εξυπηρετητών κατά το ίδιο χρονικό διάστημα. Τα στιγμιότυπα μιας υπηρεσίας συνιστούν μια ξεχωριστή οντότητα (ομάδα της υπηρεσίας) η οποία επικοινωνεί με το υπόλοιπο σύστημα μέσω μιας ενιαίας διεπαφής (εδώ διεπαφή δεν είναι απαραίτητα κάποιο γραφικό περιβάλλον αλλά ένα κομμάτι λογισμικού, μια άλλη υπηρεσία, κτλ.). Με τον τρόπο αυτό μια υπηρεσία μπορεί να σχηματοποιηθεί ως μια ομάδα στιγμιοτύπων. Κάθε στιγμιότυπο προσφέρει το σύνολο της λειτουργικότητας της υπηρεσίας, καταναλίσκοντας φυσικά τους αντίστοιχους πόρους της υλικής υποδομής.

Παρακάτω ακολουθούν οι απαιτήσεις που εισάγει η αρχή :

1. Κάθε στιγμιότυπο μιας υπηρεσίας πρέπει να εκτελείται σε ένα συγκεκριμένο εξυπηρετητή (1-1 αντιστοιχία μεταξύ στιγμιοτύπων και εξυπηρετητών) και να είναι σε θέση να εκτελέσει ταυτόχρονα ένα συγκεκριμένο αριθμό εργασιών. Για παράδειγμα ένα στιγμιότυπο μιας υπηρεσίας ανάλυσης ήχου (Audio Analysis Service) που εκτελείται σε έναν δοσμένο εξυπηρετητή πολυμέσων (media server) μπορεί να εκτελεί ταυτόχρονα Ν εργασίες ανάλυσης αρχείων ήχου.
2. Η ομάδα στιγμιοτύπων μιας υπηρεσίας θα πρέπει να επανεκκινεί κάθε στιγμιότυπο της υπηρεσίας που σταμάτησε την εκτέλεσή του για κάποιο λόγο (π.χ. αστοχία υλικού). Επιπλέον, θα πρέπει να εφαρμόζει το κατάλληλο σχέδιο ανάκαμψης για το στιγμιότυπο ώστε να το επαναφέρει σε μια σταθερή κατάσταση (consistent state).
3. Για το υπόλοιπο σύστημα, μια ομάδα υπηρεσίας παριστάνει αυτή την υπηρεσία ως μια ενιαία οντότητα. Αυτή η οντότητα εκτελεί τόσες εργασίες όσες και το σύνολο των εργασιών (ΣN) που εκτελούν τα επιμέρους στιγμιότυπα της ομάδας.
4. Μέσω της διεπαφής της με το σύστημα, μια ομάδα υπηρεσίας πρέπει :
    - να δέχεται αιτήσεις για νέες εργασίες. Αυτές τις αιτήσεις πρέπει να αναλαμβάνει η ίδια να τις αποστέλλει στους εξυπηρετητές στους οποίους εκτελούνται τα στιγμιότυπά της και να αναθέτει σ' αυτά τις αντίστοιχες εργασίες.
    - να δίνει πληροφορίες για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται (π.χ. πόσα στιγμιότυπα εκτελούνται, σε ποιους εξυπηρετητές και πόσες εργασίες εκτελεί το καθένα).
    - να δίνει οδηγίες για την εκτίμηση του χρόνου επεξεργασίας που απομένει καθώς και για τη δέσμευση των υλικών πόρων του συστήματος που απαιτούνται μέχρι να ολοκληρωθούν οι εργασίες των στιγμιοτύπων.
5. Κάθε στιγμιότυπο μιας υπηρεσίας για να προστεθεί στην ομάδα της θα πρέπει αρχικά να εγγραφεί σ' αυτήν. Κατά τη δημιουργία της ομάδας, το πρώτο στιγμιότυπο που θα εγγραφεί (δηλαδή το πρώτο που θα ανατεθεί σε ένα συγκεκριμένο εξυπηρετητή) αποτελεί, στη γενική περίπτωση, και τον διαχειριστή της ομάδας. Έτσι, κάθε νέο στιγμιότυπο για να εγγραφεί στην ομάδα πρέπει αρχικά να αναγνωρίσει το διαχειριστή της ο οποίος, στη συνέχεια, θα το εγγράψει. Σε περίπτωση που ο διαχειριστής αποτύχει (π.χ. σταματήσει η εκτέλεσή του) τότε το ρόλο αυτό αναλαμβάνει το επομενο στιγμιότυπο στη λίστα των στιγμιοτύπων της ομάδας. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται δυναμική προσθαφαίρεση τόσο των στιγμιοτύπων μιας υπηρεσίας μέσα στην ομάδα της όσο και ολόκληρων ομάδων υπηρεσιών εντός του συστήματος. Έτσι προσφέρεται μεγαλύτερη ευελιξία στη διαχείριση των διαθέσιμων υλικών πόρων ενώ αποφεύγεται η άσκοπη σπατάλη τους.

Ένα τυπικό παράδειγμα εφαρμογής της αρχής των ομάδων υπηρεσιών παρουσιάζεται στην Εικόνα 3Α. Ως παράδειγμα υπηρεσίας χρησιμοποιείται μια υπηρεσία ανάλυσης αρχείων πολυμέσων (π.χ. κειμένου, ήχου, βίντεο) :



Εικόνα 3Α : Η αρχή της ομάδας υπηρεσιών

3.6 Μεσάζοντες – διαχειριστές (brokers – managers)

Καθώς οι χρήστες και οι διαχειριστές ενός DAMS αλληλεπιδρούν μ' αυτό απαιτώντας συνεχώς την εκτέλεση νέων ενεργειών, το ίδιο το σύστημα πρέπει να μεριμνά για την ενεργοποίηση των αντίστοιχων υπηρεσιών οι οποίες θα ικανοποιήσουν τις αιτήσεις των χρηστών. Το σύστημα, λοιπόν, πρέπει να παρέχει στις εφαρμογές και τις υπηρεσίες του διαφανή πρόσβαση (transparent access) τόσο προς το ψηφιακό περιεχόμενό του όσο και προς τα υποσυστήματα διαχείρισης δεδομένων και συσκευών του (data and device management subsystems).

Μάλιστα, συμβαδίζοντας και με την αρχή των ομάδων υπηρεσιών που αναπτύχθηκε παραπάνω, αυτή η διαφανής πρόσβαση πρέπει να παρέχεται σε κάθε απλό στιγμιότυπο μιας υπηρεσίας, αφού επί της ουσίας οι χρήστες του DAMS προσπελαύνουν και ενεργοποιούν στιγμιότυπα υπηρεσιών μέσα από το ενιαίο περιβάλλον γραφικών διεπαφών του. Ωστόσο, στη γενική περίπτωση, το ψηφιακό περιεχόμενο αποθηκεύεται με κατανεμημένο τρόπο και τα υποσυστήματα διαχείρισης δεδομένων είναι γεωγραφικά διασκορπισμένα και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω WAN δικτύων. Ακριβώς επειδή οι υπηρεσίες μπορεί να αλληλεπιδρούν με απομακρυσμένα μεταξύ τους δεδομένα ή πολλαπλά υποσυστήματα, είναι απαραίτητη η καθιέρωση της *αρχής των μεσαζόντων – διαχειριστών (broker – manager concept)*.

Η βασική ιδέα της αρχής αυτής βρίσκεται στο γεγονός ότι οι αιτήσεις των υπηρεσιών για απόκτηση πρόσβασης σε δεδομένα ή σε επιμέρους υποσυστήματα του συστήματος μπορούν να κατανεμηθούν σε μια ιεραρχική δομή μεσαζόντων – διαχειριστών. Ένας μεσάζοντας (broker) είναι ένα κομμάτι λογισμικού το οποίο αναλαμβάνει να συγκεντρώσει αιτήσεις από διάφορες υπηρεσίες του συστήματος και, στη συνέχεια, να τις δρομολογήσει προς τα σημεία που βρίσκονται οι αντίστοιχοι διαχειριστές (managers) των υπηρεσιών αυτών. Ακριβώς λόγω της ιεραρχικής δομής, ένας μεσάζοντας μπορεί να αποστείλλει μια αίτηση προς άλλον μεσάζοντα κατώτερό του στην ιεραρχία και η αποστολή της αίτησης θα συνεχιστεί μέχρι να βρεθεί ο αντίστοιχος διαχειριστής (τελευταίο επίπεδο της ιεραρχίας).

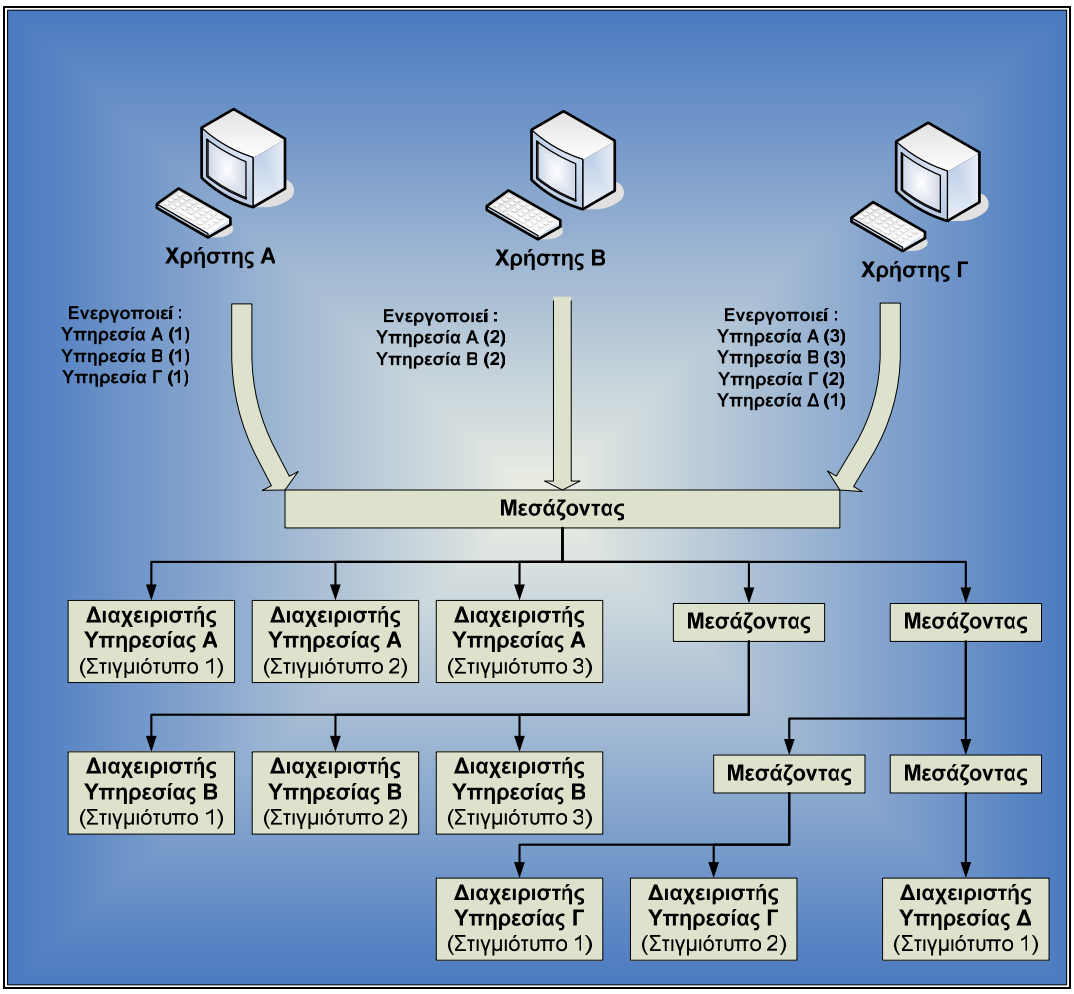
Οι διαχειριστές μπορούν, προφανώς, να βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία εντός της γεωγραφικά κατανεμημένης αρχιτεκτονικής δομής του συστήματος. Αυτοί εκτελούν τις αιτήσεις που δέχονται και αποστέλλουν τις απαντήσεις (π.χ. ανάκτηση των κατάλληλων δεδομένων, διασύνδεση με άλλο υποσύστημα, επιστροφή αποτελέσματος, κ.ά.) προς τους μεσάζοντες. Οι τελευταίοι τις συλλέγουν και τις αποστέλλουν πίσω στις υπηρεσίες που υπέβαλλαν αρχικώς τις αιτήσεις.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, όλες οι υπηρεσίες μπορούν να επικοινωνούν με το σύστημα μέσω των μεσαζόντων (ενδιάμεσου λογισμικού) οι οποίοι διαχειρίζονται τις αιτήσεις τους επικοινωνώντας με τους διαχειριστές τους. Η λειτουργικότητα που μπορεί να προσφέρει ένας μεσάζοντας στο σύστημα είναι δύο ειδών :

1. Ο μεσάζοντας παίζει το ρόλο ενός κόμβου συλλογής και διαμοιρασμού δεδομένων. Τυπικό παράδειγμα αποτελεί ένας μεσάζοντας βάσεων δεδομένων (database broker). Αυτός :
    - δέχεται επερωτήσεις (queries) από έναν χρήστη.
    - αποστέλλει τις επερωτήσεις σε πολλαπλές βάσεις δεδομένων τις οποίες διαχερίζονται κατάλληλα υποσυστήματα του συστήματος.
    - συλλέγει τα αποτελέσματα από όλες μαζί τις βάσεις δεδομένων.
    - διαβιβάζει στο χρήστη το σύνολο των συλλεχθέντων αποτελεσμάτων.

2. Ο μεσάζοντας παίζει το ρόλο ενός κόμβου διασύνδεσης του χρήστη με τα δεδομένα του συστήματος. Τυπικό παράδειγμα αποτελεί ένας μεσάζοντας ροής δεδομένων (stream broker). Αυτός :
    - αποδέχεται αιτήσεις από έναν χρήστη που αφορούν τη μετάδοση δεδομένων προς αυτόν το χρήστη (π.χ. η εκτέλεση ενός αρχείου βίντεο – video stream).
    - επιλέγει έναν κατάλληλο εξυπηρετητή που αποκτά τα δεδομένα από την ομάδα εξυπηρετητών που είναι γνωστοί σ' αυτόν τον εξυπηρετητή (π.χ. έναν video server).
    - παράγει μια ειδική διεπαφή επικοινωνίας με το συγκεκριμένο εξυπηρετητή.
    - περνά την ειδική αυτή διεπαφή πίσω στο χρήστη έτσι ώστε αυτός να αποκτήσει άμεσο έλεγχο στον εξυπηρετητή (προφανώς στα δεδομένα που ζήτησε). Εφόσον εγκαθιδρυθεί αυτή η επικοινωνία χρήστη και εξυπηρετητή, ο μεσάζοντας δεν εμπλέκεται περαιτέρω και αποδεσμεύεται.

Ένα τυπικό παράδειγμα εφαρμογής της αρχής μεσαζόντων – διαχειριστών παρουσιάζεται στην Εικόνα 4Α. Εδώ, υποθέτουμε ότι οι 3 παρακάτω χρήστες (Α, Β, Γ) ενεργοποιούν στιγμιότυπα των υπηρεσιών Α, Β, Γ, και Δ αντίστοιχα.



Εικόνα 4Α : Η αρχή των μεσαζόντων – διαχειριστών

Δίπλα σε κάθε υπηρεσία φαίνεται ο αριθμός του στιγμιοτύπου της (ο χρήστης Α ενεργοποιεί το 1ο στιγμιότυπο της Α, Β και Γ υπηρεσίας). Οι αιτήσεις των υπηρεσιών συλλέγονται από έναν αρχικό μεσάζοντα ο οποίος αναλαμβάνει να αποστείλλει τις αιτήσεις προς άλλους μεσάζοντες και προς διαχειριστές. Στο παράδειγμα υποθέτουμε ότι ο αρχικός μεσάζοντας έχει άμεση πρόσβαση στο διαχειριστή της υπηρεσίας Α, ο επόμενος στο διαχειριστή της υπηρεσίας Β, κ.ό.κ. Αντιστοίχως, οι διαχειριστές των υπηρεσιών θα εκτελέσουν τις αιτήσεις που έλαβαν και θα αποστείλλουν τις απαντήσεις μέσω των ίδιων μεσαζόντων πίσω στους χρήστες που αρχικά υπέβαλλαν τις αιτήσεις.

Σύμφωνα με το παραπάνω παράδειγμα, οι υπηρεσίες δεν ενεργοποιούν απευθείας τους διαχειριστές τους, αφού με αυτό τον τρόπο η πιθανή γεωγραφική κατανομή τους θα έχει ως άμεση συνέπεια τη σπατάλη κρίσιμων πόρων της υλικής υποδομής του συστήματος, όπως το εύρος ζώνης του δικτύου και η μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύς για τη διαχείριση απευθείας συνδέσεων μεταξύ χρηστών και διαχειριστών. Είναι φανερό ότι η εγκαθίδρυση μεσαζόντων προσφέρει εξυπνότερη διαχείριση πόρων και υποδομών ενώ βοηθά στην έξυπνη διαμοίραση του διακινούμενου φόρτου δεδομένων.

Παρακάτω ακολουθούν ορισμένα βασικά πλεονεκτήματα που εισάγει η ιδέα της αρχής των μεσαζόντων – διαχειριστών :

1. Σε μια απλή πλατφόρμα εξυπηρετητή (single server platform) μπορούν να εγκατασταθούν πολλαπλά υποσυστήματα ή να εκτελούνται πολλαπλά στιγμιότυπα της ίδιας ή ακόμη και διαφορετικών υπηρεσιών με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης και της διαθεσιμότητας.
2. Σε ένα απλό παράρτημα ενός οργανισμού (single organizational site) μπορούν να τοποθετηθούν συστάδες εξυπηρετητών αποθήκευσης (storage server clusters or server farms) με σκοπό την επίτευξη περαιτέρω ευελιξίας και κλιμάκωσης.
3. Πολλά παραρτήματα του ίδιου οργανισμού μπορούν να ολοκληρωθούν μέσα σε ένα ενιαίο περιβάλλον λειτουργίας που προσφέρεται από το σύστημα.
4. Πολλαπλοί οργανισμοί μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους έτσι ώστε να τους επιτρέπεται πρόσβαση σε μεγαλύτερα σύνολα ψηφιακού περιεχομένου.

4. Υποδομές DAMS

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζουμε την φυσική υποδομή στην οποία στηρίζονται τα DAMS. Η φυσική υποδομή αποτελείται από όλα εκείνα τα κομμάτια υλικού και λογισμικού καθώς και τα υποσυστήματα επικοινωνίας που απαιτούνται για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους αυτά τα κομμάτια. Η φυσική υποδομή ενός DAMS μπορεί να περιέχει εξυπηρετητές, κωδικοποιητές (encoders), συστήματα αποθήκευσης (storage systems) και δίκτυα επικοινωνίας (communication networks) που λειτουργούν εντός ενός πολυμεσικού περιβάλλοντος διαχείρισης. Όλα αυτά τα επιμέρους κομμάτια δεν αποτελούν κατ' ανάγκη απλές μονάδες υλικού αλλά, στη γενική περίπτωση, μπορεί να διαθέτουν ειδικό λογισμικό για να μπορέσουν να λειτουργήσουν και για να γίνει αποδοτικά η διαχείρισή τους. Αυτό το λογισμικό θα πρέπει να αποτελεί ολοκληρώσιμο κομμάτι του γενικότερου λογισμικού ενός DAMS.

Η ανάγκη για διαμοιραζόμενη πρόσβαση σε ψηφιακό περιεχόμενο, μετάδοση περιεχομένου σε χρόνο γρηγορότερο του πραγματικού (faster-than-real-time), άμεση μετατροπή του τύπου (format) των ψηφιακών δεδομένων (transcoding), καθώς και η υποστήριξη πολλαπλών ετερογενών καναλιών διανομής (delivery channels), απαιτούν την εγκαθίδρυση ενός περιβάλλοντος παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής που να βασίζεται σε ψηφιακά αρχεία (digital file-based). Ένα τέτοιο περιβάλλον θα πρέπει να παρέχει τα μέσα εκείνα με τα οποία γίνεται η διαχείριση αυξανόμενου όγκου δεδομένων, αυξανόμενης τεμαχιοποίησης (fragmentation) του ψηφιακού περιεχομένου καθώς και η υποστήριξη της διανομής κατεργασμένου ψηφιακού υλικού σε χρήστες ή ομάδες χρηστών ιδιαίτερων χαρακτηριστικών ή ενδιαφερόντων μέσω δικτύων υπολογιστών.

Τα παραδοσιακά συστήματα αποθήκευσης που βασίζονται σε κασσέττες αποθήκευσης (tape-based) δεν είναι αρκετά ευέλικτα για να καλύψουν τις παραπάνω απαιτήσεις. Η μόνη ορθή και αποδεκτή λύση αποτελεί η υιοθέτηση μιας τεχνολογίας βασισμένης σε πληροφοριακά συστήματα (IT-based) που θα διαθέτει έναν υψηλό βαθμό αυτοματισμού και θα είναι πλήρως διαχειρίσιμη από το DAMS. Τέτοιες τεχνολογιές μπορούν να προσφέρουν την απαραίτητη ευελιξία και να παρέχουν ένα συνεχώς βελτιούμενο λόγο κόστους – απόδοσης. Φυσικά, οι οποιεσδήποτε διεπαφές (interfaces) που διασυνδέουν ένα DAMS με τρίτα υποσυστήματα που αφορούν συγκεκριμένα κομμάτια μιας υποδομής, αυξάνουν, γενικώς, την πολυπλοκότητα και το κόστος. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να αποφεύγονται, όπου είναι δυνατό, ενώ όπου δεν είναι να προδιαγράφονται λεπτομερώς.

4.1 Βασικές αρχές DAMS υποδομών

Κατά το σχεδιασμό μιας DAMS υποδομής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τόσο τα επιμέρους κομμάτια που θα απαρτίζουν το τελικό σύστημα όσο και οι αρχές πάνω στις οποίες θα στηριχθεί ο όποιος σχεδιασμός. Δεν υπάρχει κανένας βασικός κανόνας μέσω του οποίου τα επιλεχθέντα συστατικά υλικου/λογισμικού ενός DAMS θα αναπτυχθούν έτσι ώστε να

καλύψουν τις βασικές αρχές σχεδιασμού. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες κατευθυντήριες γραμμές που μπορούν να βοηθήσουν στο βέλτιστο σχεδιασμό και στην υλοποίηση μιας DAMS υποδομής.

4.1.1 Βασικά συστατικά DAMS υποδομών

Κάθε DAMS υποδομή βασίζεται σε IT τεχνολογίες. Σε ένα IT-based σύστημα, τα βασικά συστατικά του υλικού της υποδομής πάνω στα οποία θα εκτελεστούν οι διάφορες υπηρεσίες – εφαρμογές του DAMS, χωρίζονται σε 4 βασικές κατηγορίες :

1. *Εξυπηρετητές* : είναι υπολογιστικές πλατφόρμες οι οποίες εκτελούν επιμέρους τμήματα του λογισμικού του συστήματος. Σε γενικές γραμμές, στους εξυπηρετητές εγκαθίστανται δημοφιλή λειτουργικά συστήματα, όπως κάποια έκδοση των Microsoft Windows ή μια από τις ποικίλες μορφές των UNIX-like περιβαλλόντων.
2. *Συστήματα αποθήκευσης* : είναι συστήματα τα οποία αφορούν μαζική (ή μη) αποθήκευση ψηφιακού περιεχομένου σε δίσκους ή κασσέττες. Είναι άμεσα προσβάσιμα από τους εξυπηρετητές. Τα συστήματα αποθήκευσης είναι διαθέσιμα με τη μορφή των Server Attached Storage (SAS), Network Attached Storage (NAS) και Storage Area Network (SAN). Πέραν των μορφών αυτών, υπάρχουν και συστήματα μαζικής αποθήκευσης (καλούνται και near-online storage) όπως οι βιβλιοθήκες κασσετών (tape libraries) και τα αυτόματα jukeboxes. Αυτά τα συστήματα αποτελούν χαμηλότερου κόστους εναλλακτικές επιλογές ως πρός την online αποθήκευση ενώ το κύριο μειονέκτημά τους είναι η απαίτηση μη αμελητέου χρόνου για να καταστεί το ψηφιακό υλικό διαθέσιμο (staging διαδικασία). Δηλαδή, ενώ με την online αποθήκευση το αποθηκευμένο υλικό είναι μονίμως online, ένα near-online σύστημα θα πρέπει πρώτα να αναζητήσει το επιθυμητό ψηφιακό αντικείμενο, να φορτώσει το μέσο στο οποίο αυτό είναι αποθηκευμένο (π.χ. κασσέττα, DVD, κτλ.) και, τελικά, να το αντιγράψει σε ένα δίσκο για γρήγορη πρόσβαση. Near-online συστήματα μαζικής αποθήκευσης μπορούν να αποτελέσουν μέρος μιας SAN υποδομής.
3. *Δικτυακές υποδομές* : αποτελούν τους συνδέσμους επικοινωνίας μεταξύ των διαφόρων εξυπηρετητών καθώς και μεταξύ των εξυπηρετητών και του (ή των) συστημάτων αποθήκευσης. Οι εξυπηρετητές και τα συστήματα αποθήκευσης μπορεί να εκτείνονται σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή, οπότε είναι απαραίτητη η υποστήριξη τοπικών δικτύων (LAN) όπως και δικτύων ευρείας περιοχής (WAN). Ακριβώς λόγω της διασυνδεσιμότητας διαφορετικών υπολογιστικών μονάδων και IT-based σταθμών μετάδοσης δεδομένων, οι διαφορετικοί τύποι δικτύων θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν κατά το σχεδιασμό της οποιασδήποτε υποδομής. Πέραν των δικτύων δεδομένων, υπάρχουν και οι συνδέσεις για μετάδοση (broadcast connections), όπως οι SDI και SDTI, καθώς και οι συνδέσεις μηχανών (machine connections), όπως οι Fibre Channel και SCSI.

4. *Αλλα υποσυστήματα* : μια υποδομή μπορεί να περιέχει και άλλα επιμέρους υποσυστήματα, όπως κωδικοποιητές, αποκωδικοποιητές, crossbars (π.χ. matrix switches), υπολογιστές – πελάτες (π.χ. προσωπικοί υπολογιστές ή υπολογιστές γραφείου – desktop PCs), κτλ. Φυσικά, ως υποσυστήματα μιας υποδομής μπορούν να θεωρηθούν και η επεξεργαστική ισχύς, η τροφοδοσία, οι ανεμιστήρες και τα συστήματα ψύξης, οι κάρτες (ή προσαρμογείς) δικτύου, οι εσωτερικοί δίσκοι, οι μνήμες τυχαίας προσπέλασης (RAM), κτλ.

4.1.2 Πλεονασμός υλικού

Ακριβώς λόγω της κεφαλαιώδους σημασίας των DAMS σε οργανισμούς που διαθέτουν μεγάλο όγκο ψηφιακών δεδομένων, η απαίτηση για τη συνεχή διαθεσιμότητα του ψηφιακού περιεχομένου και η απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος (24 ώρες το 24ωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα) είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την αξιοπιστία του και την ευρεία αποδοχή του. Ιδιαίτερα για συστήματα μετάδοσης ψηφιακού υλικού, οι απότομες πτώσεις της λειτουργίας τους μπορεί να οδηγήσει σε άμεσες οικονομικές απώλειες. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη αστοχιών ή απωλειών που μπορούν να συμβούν στο υλικό του συστήματος. Ακόμη και σε περίπτωση απωλειών, θα πρέπει να ενεργοποιούνται κατάλληλοι αντισταθμιστικοί παράγοντες έτσι ώστε οι απώλειες να μην προξενούν σοβαρή ζημιά. Ο πλεονασμός υλικού (hardware redundancy) είναι μια σημαντική αρχή που μπορεί να εφαρμοστεί για την πρόληψη καταστάσεων απωλειών.

Ο πλεονασμός υλικού αφορά την προσθήκη περαιτέρω κομματιών υλικού στο DAMS ή/και στα επιμέρους υποσυστήματα που το απαρτίζουν, με κύριο στόχο τη βελτίωση της διαθεσιμότητάς τους. Ένα ικανοποιητικό επίπεδο πλεονασμού μπορεί να μειώσει δραστικά το ρίσκο μιας πλήρους απώλειας ενός κομματιού του υλικού ενός DAMS. Πλεονασμός υλικού μπορεί να εφαρμοστεί στην υπολογιστική ισχύ, στην τροφοδοσία, τις κάρτες δικτύου, τους σκληρούς δίσκους, κτλ. Ένα κλασικό παράδειγμα πλεονασμού συναντάται κατά την αύξηση της διαθεσιμότητας συστημάτων αποθήκευσης που βασίζονται σε δίσκους, όπου απλοί δίσκοι ομαδοποιούνται για να σχηματοποιήσουν μια πλεοναστική συστοιχία ανεξάρτητων δίσκων (Redundant Array of Independent Disks – RAID).

Μερικοί διαδεδομένοι τρόποι εφαρμογής πλεονασμού αναπτύσσονται παρακάτω. Το ποιοί από αυτούς τους τρόπους πρέπει κάθε φορά να χρησιμοποιούνται είναι μάλλον μια διαδικασία που θα πρέπει να εξετάζεται για κάθε ιδιαίτερη περίπτωση αρχιτεκτονικής συστήματος ξεχωριστά, αφού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο αποδεκτός ρυθμός απωλειών, η δομή και οι δυνατότητες των επιμέρους υποσυστημάτων ή ολόκληρου του DAMS καθώς και το αντίστοιχο κόστος του κάθε τρόπου.

1. *Συσταδοποίηση (clustering)* : η τεχνική της συσταδοποίησης εφαρμόζεται στους εξυπηρετητές για την επίτευξη ενός πολύ υψηλού επιπέδου

διαθεσιμότητας του λογισμικού που εκτελείται σ' αυτούς. Ένα τυπικό παράδειγμα λογισμικού εξυπηρετητών που απαιτεί υψηλή διαθεσιμότητα είναι οι βάσεις δεδομένων και τα συστήματα διαχείρισής τους (DBMS). Το πιο απλό σενάριο παραμετροποίησης ενός cluster είναι 2 εξυπηρετητές που συνδέονται σε μια διαμοιραζόμενη συσκευή αποθήκευσης και τη διασύνδεση αυτή διαχειρίζεται ένα ειδικό cluster λογισμικό με το οποίο είναι εφοδιασμένο το cluster. Στην περίπτωση απώλειας ενός από τους 2 εξυπηρετητές, ο 2ος αυτομάτως αναλαμβάνει την εκτέλεση των υπηρεσιών του απωλεσθέντος εξυπηρετητή παρέχοντας τους ίδιους πόρους και την ίδια διασυνδεσιμότητα με αυτόν. Με τον τρόπο αυτό, ο εξυπηρετητής φαίνεται διαθέσιμος στον έξω κόσμο, ακόμη κι αν έχει «πέσει».

2. *Ομάδες υπηρεσιών* : υπάρχουν συγκεκριμένες εφαρμογές λογισμικού που μπορούν να εκτελούνται ως ομάδες υπηρεσιών (Κεφάλαιο 3, Παράγραφος 5) και να διανέμονται ταυτοχρόνως σε πολλαπλούς εξυπηρετητές. Στην περίπτωση αυτή, κάθε εξυπηρετητής εκτελεί ένα στιγμιότυπο της εφαρμογής και, με την έννοια αυτή, προσθέτει πόρους σ' αυτήν. Στην περίπτωση απώλειας ενός εξυπηρετητή, το στιγμιότυπο που εκτελούνταν σ' αυτόν παύει να εκτελείται και η εφαρμογή χάνει τους πόρους που τις είχαν διατεθεί από τον απωλεσθέντα εξυπηρετητή. Ωστόσο, τα υπόλοιπα στιγμιότυπα της εφαρμογής συνεχίζουν να εκτελούνται κανονικά. Με την προσθήκη περισσότερων εξυπηρετητών από όσους είναι απαραίτητο για την ορθή λειτουργία ενός στιγμιοτύπου (over-engineering), η εφαρμογή μπορεί να διευθετήσει την πιθανή απώλεια ενός ή περισσοτέρων εξυπηρετητών αποφεύγοντας τη μείωση στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών της (Quality of Service – QoS).
3. *Hot standby servers* : αυτός ο τρόπος πλεονασμού βασίζεται σε εφαρμογές λογισμικού οι οποίες εκτελούνται ως ομάδες υπηρεσιών και υποστηρίζουν τη λειτουργία hot standby. Στην περίπτωση αυτή, ένα στιγμιότυπο της εφαρμογής που εκτελείται σε ένα hot standby server είναι σε θέση να ανιχνεύσει ένα άλλο στιγμιότυπο το οποίο εκτελείται σε έναν εξυπηρετητή που έχει «πέσει». Σε τυχόν απώλεια του εξυπηρετητή, το στιγμιότυπο του hot standby server αναλαμβάνει τη συνέχιση της εκτέλεσης του στιγμιοτύπου που σταμάτησε την εκτέλεσή του.
4. *Cold standby servers* : η επίτευξη πλεονασμού μέσω προσθήκης cold standby servers συνεπάγεται τη συνέχιση της εκτέλεσης μιας εφαρμογής μετά από μικρό χρονικό διάστημα σταματήματός της. Συγκεκριμένα, ένας cold standby server χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση (και όχι για την εκτέλεση) μιας εφαρμογής λογισμικού. Όταν συμβεί απώλεια ενός εξυπηρετητή που εκτελεί τη συγκεκριμένη εφαρμογή, ο cold standby server ξεκινά την εκτέλεση του εγκατεστημένου στιγμιοτύπου της εφαρμογής επιτρέποντας, έτσι, την εκτέλεσή της μετά το πέρας κάποιου μικρού διαστήματος.

4.1.3 Αρχές σχεδιασμού και παραμετροποίησης του υλικού

Παρακάτω περιγράφονται ορισμένες γενικές αρχές οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στη διαδικάσια του σχεδιασμού και της παραμετροποίησης της φυσικής υποδομής ενός DAMS. Σε καμία περίπτωση, ωστόσο, δεν μπορούν να θεωρηθούν πανάκεια και θα πρέπει πάντα να συνεκτιμώνται μαζί με τις λειτουργικές προδιαγραφές, τα κόστη και τις απαιτήσεις των χρηστών ενός DAMS.

1. *Εξυπηρετητές και η παραμετροποίησή τους* : ένα DAMS περιέχει έναν αρκετά μεγάλο αριθμό εφαρμογών λογισμικού οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και, στη γενική περίπτωση, είναι αρκετά ετερογενείς. Κάθε τέτοια εφαρμογή/υπηρεσία παρουσιάζει συγκεκριμένες απαιτήσεις ανάλογα με την παραμετροποίηση του εξυπηρετητή στον οποίο αυτή έχει εγκατασταθεί και εκτελείται. Δηλαδή, παραμετροποιώντας διαφορετικά έναν εξυπηρετητή (π.χ. εγκαθιστώντας διαφορετικό λειτουργικό σύστημα, αλλάζοντας τη θέση του στη δικτυακή τοπολογία, αφαιρώντας ή προσθέτοντάς του φυσικούς πόρους) τότε μπορεί να μεταβληθεί δραστικά τόσο ο τρόπος εγκατάστασης όσο και εκτέλεσης μιας εφαρμογής ή ακόμη και ολόκληρων υποσυστημάτων – κομματιών λογισμικού του συστήματος.

Αν λάβουμε υπόψιν τις ιδιαίτερες απαιτήσεις καθεμιάς διαφορετικής εφαρμογής για να προβούμε στην παραμετροποίηση των διατιθέμενων εξυπηρετητών τότε είναι σίγουρο ότι θα καταλήξουμε σε ένα πανδαιμόνιο διαφορετικών παραμετροποιήσεων τόσο του λογισμικού όσο και του υλικού των εξυπηρετητών. Μια τέτοια κατάσταση είναι βέβαιο ότι θα έχει αρνητικές συνέπειες όσον αφορά την ορθή λειτουργία, την υποστήριξη και τη συντήρηση του DAMS.

Είναι προφανές ότι κάθε σύγχρονο IT-based σύστημα εξυπηρετητή και αποθήκευσης είναι σε θέση να καλύψει ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών εφαρμογών και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Ωστόσο προτείνεται πρίν την εγκατάσταση (ή ακόμη και τη σχεδίαση) των διαφορετικών εφαρμογών να ελέγχεται πρώτα αν υπάρχει κάποιος κοινός παρονομαστής (π.χ. ιδιότητα ή απαίτηση) που να τις συνδέει. Η ταυτοποίηση και καταγραφή κοινών ιδιοτήτων των εφαρμογών μπορεί να οδηγήσει σε μια ταξινόμηση των εξυπηρετητών σε διαφορετικές λογικές κατηγορίες, όπως Εξυπηρετητής Διαδικτύου (web server), Εξυπηρετητής Εφαρμογών (application server), Εξυπηρετητής Βάσεων Δεδομένων (database server), Εξυπηρετητής Αρχείων (file server), Εξυπηρετητής Βίντεο (video server), Εξυπηρετητής Διαχείρισης Αρχειακής Αποθήκης (archive management server), Εξυπηρετητής Ροών Δεδομένων (streaming server), Εξυπηρετητής Μεταφοράς Δεδομένων (transfer server), Εξυπηρετητής Συστήματος Αποθήκευσης SAN (SAN server), Εξυπηρετητής Κρυφής Μνήμης (cache server), κτλ.

Αυτή η κατηγοριοποίηση των εξυπηρετητών συμβαδίζει με την υλοποίηση μιας πολυ-επίπεδης αρχιτεκτονικής του συστήματος (Κεφάλαιο 3, Παράγραφος 3) ενώ βοηθά στην ανάθεση των εφαρμογών στις επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με το σε ποιόν (ή ποιούς) εξυπηρετητές θα εγκατασταθούν και θα λειτουργήσουν.

2. *Πλεονασμός υλικού* : κατά το σχεδιασμό οποιασδήποτε φυσικής DAMS υποδομής θα πρέπει να λαμβάνεται αρχικά μια απόφαση που έχει άμεση σχέση με την εξισορρόπηση μεταξύ των απαιτήσεων διαθεσιμότητας των υπηρεσιών, και του συστήματος γενικότερα, και του συνολικού εκτιμώμενου κόστους της υλοποίησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αρκετά απλή (με το αντίστοιχο κόστος φυσικά) η διαδικασία προσθήκης πλεοναστικού υλικού (Παράγραφος 4.1.2). Ένας γενικός κανόνας είναι να προβαίνουμε στον πλεονασμό υλικού, ακόμη κι αν αυξηθεί (σε μικρό βαθμό) το κόστος, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις της τροφοδοσίας και της ισχύος, στους ανεμιστήρες (συστήματα ψύξης), στους σκληρούς δίσκους, στις κάρτες (ή προσαρμογείς) δικτύου και στις τυχόν διεπαφές μεταξύ των εξυπηρετητών. Η αύξηση των καρτών δικτύου θα πρέπει να συνοδεύεται και από την αντίστοιχη αύξηση του αριθμού των θυρών (ports) της υφιστάμενης δικτυακής υποδομής, κάτι που μπορεί να συνεπάγεται αύξηση του αριθμού των δρομολογητών δικτυακής κίνησης (routers, hubs, switches) έως ακόμη και αλλαγή της διευθέτησης της δικτυακής τοπολογίας.

   Ένας άλλος σημαντικός κανόνας για τον πλεονασμό αφορά τη συσταδοποίηση των εξυπηρετητών. Ακόμη κι αν το κόστος της υιοθέτησης server clusters είναι αρκετά υψηλό έως και απαγορευτικό για εφαρμογές που δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε clustering περιβάλλοντα, συνίσταται η χρήση και παραμετροποίηση server clusters, όπου είναι απαραίτητο, για την επίτευξη υψηλής διαθεσιμότητας (high availability) σε ιδιαίτερα κρίσιμες εφαρμογές ή ολόκληρα υποσυστήματα του DAMS. Ένα καλό παράδειγμα στο οποίο επιβάλλεται η χρήση clustering είναι οι βάσεις δεδομένων.

   Μια ιδιαίτερα φτηνή προσέγγιση για την προσθήκη πλεονασμού, και άρα διασφάλισης ενός υψηλού επιπέδου διαθεσιμότητας σε χαμηλό κόστος, είναι μέσω της χρήσης hot ή cold standby εξυπηρετητών (Παράγραφος 4.1.2). Ο κανόνας εδώ είναι να προσθέτουμε έναν περιορισμένο αριθμό από standby servers στη συνολική DAMS υποδομή και να τους παραμετροποιούμε ανάλογα με τις εφαρμογές εκείνες που θέλουμε να εγκαταστήσουμε σ' αυτούς.
3. *Συστήματα αποθήκευσης* : λαμβάνοντας υπόψιν τις απαιτήσεις απόδοσης σε DAMS τα οποία αξιοποιούνται σε τομείς παραγωγής και διακίνησης μεγάλου όγκου βίντεο, όπως οι τηλεοπτικοί σταθμοί και οι κινηματογραφικές εταιρίες, θα πρέπει να ακολουθούμε έναν SAN-like τρόπο (Παράγραφος 4.2) υλοποίησης της αρχιτεκτονικής του συστήματος αποθήκευσης. Με τη διάταξη σκληρών δίσκων σε μια SAN αρχιτεκτονική πετυχαίνουμε τα ψηφιακά δεδομένα που αποθηκεύονται σ' αυτούς να τα διαμοιράζουμε με ευέλικτο τρόπο μέσω του SAN συστήματος αρχείων πρός τους διάφορους εξυπηρετητές.

   Έτσι, ένας γενικός κανόνας είναι να χρησιμοποιούμε, όπου είναι εφικτό, συσκευές αποθήκευσης που βασίζονται σε δικτυακά κανάλια επικοινωνίας (fibre channels) και οι οποίες διατάσσονται εντός μιας SAN

αρχιτεκτονικής. Μια τέτοια αρχιτεκτονική θα πρέπει να βασίζεται στη δομή διακλαδιζόμενων δικτυακών καναλιών (switched fibre channels).

Μια άλλη μεγάλη απόφαση που αφορά τα συστήματα αποθήκευσης είναι η μορφή των αρχειακών αποθηκών του ψηφιακού περιεχομένου. Υπάρχει, από τη μία, η λογική ότι το περιεχόμενο, ανεξαρτήτως της ανάλυσης ή του ρυθμού bits που έχει αποθηκευτεί, θα πρέπει να είναι μονίμως διαθέσιμο (online storage) και άρα θα πρέπει να αποθηκεύεται σε σκληρούς δίσκους οι οποίοι συνοδεύονται από ενδιάμεσες ή κρυφές μνήμες (buffers, caches) για την πιο γρήγορη πρόσβαση και ανάκτησή του. Από την άλλη, ακριβώς επειδή η ποσότητα του περιεχομένου μπορεί να είναι απαγορευτικά μεγάλη για την online αποθήκευσή της (συνήθης περίπτωση), μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντίστοιχα συστήματα βιβλιοθηκών που κρατούν τα δεδομένα σε κασσέττες (tape library systems). Ένας γενικός κανόνας εδώ είναι να χρησιμοποιούνται : 1) συστήματα κασσεττών στις περιπτώσεις αποθήκευσης υψηλής ποιότητας οπτικο-ακουστικού υλικού και για λόγους διατήρησης εφεδρειών δεδομένων (backups) και 2) σκληροί δίσκοι για τις περιπτώσεις αποθήκευσης χαμηλότερης ποιότητας περιεχομένου που είναι απαραίτητο να είναι μονίμως online, όπως για παράδειγμα στη διαδικτυακή πλοήγηση.

4. *Δικτυακές υποδομές* : κατά την υιοθέτηση μιας SAN-like αρχιτεκτονικής για την αποθήκευση ψηφιακού περιεχομένου σε DAMS, θα πρέπει να εγκατασταθούν τουλάχιστον οι παρακάτω τύποι δικτύων :
   - Ένα ιδιαίτερα υψηλού εύρους ζώνης δίκτυο που χρησιμοποιείται για τη μαζική μεταφορά δεδομένων εντός του SAN. Αυτό το δίκτυο θα πρέπει να βασίζεται σε μια δομή switched fibre channels. Όπου η απόσταση είναι μεγάλη (π.χ. εκατοντάδες μέτρα) θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οπτικές ίνες (fiber optics).
   - Ένα υψηλού εύρους ζώνης δίκτυο που διασυνδέει τους διάφορους εξυπηρετητές του DAMS με τον εξυπηρετητή αρχείων (file server) του SAN. Αυτό το δίκτυο θα πρέπει να είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο, δηλαδή να είναι μόνο προσβάσιμο από τους εξυπηρετητές. Επιπλεόν, ο εξυπηρετητής αρχείων του SAN θα πρέπει να είναι συνδεδεμένος με αυτό το δίκτυο μέσω μιας Gigabit Ethernet σύνδεσης (1000baseT – 1Gbit/s). Σε γενικές γραμμές, δεν είναι απαραίτητο να διασυνδέονται όλοι οι εξυπηρετητές μιας υποδομής στο SAN, παρά μόνο αυτοί που είναι αφιερωμένοι στη μαζική μεταφορά δεδομένων από και πρός τους χώρους αποθήκευσης.
   - Ένα χαμηλότερου εύρους ζώνης δίκτυο που διασυνδέει τα διάφορα υποσυστήματα του DAMS, και άρα τους εξυπηρετητές, μεταξύ τους καθώς και το DAMS με τον έξω κόσμο (π.χ. με μεγαλύτερα δίκτυα όπως το Διαδίκτυο). Εδώ, δεν είναι απαραίτητο το μεγάλο εύρος ζώνης μιας και οι εφαρμογές του DAMS, σχεδόν στο σύνολό τους, απαιτούν περισσότερο επεξεργαστική ισχύ παρά το δίκτυο για μαζική μεταφορά δεδομένων. Με την έννοια αυτοί, οι εξυπηρετητές μπορούν να ειδωθούν ως κόμβοι επεξεργασίας παρά ως κόμβοι μεταφοράς μαζικών δεδομένων. Έτσι, συνδέσεις Fast Ethernet (100baseT – 100Mbit/s) είναι

αρκετά ικανοποιητικές για τη μεταξύ τους επικοινωνία. Βεβαίως, όπου είναι απαραίτητη η μαζική μεταφορά δεδομένων (π.χ. περιπτώσεις μεταφοράς περιεχομένου από video ή streaming servers πρός πελάτες του Διαδικτύου ή πρός άλλους εξυπηρετητές της υποδομής) μπορούν πάλι να χρησιμοποιηθούν Gigabit Ethernet συνδέσεις.

- Σε πολλές περιπτώσεις ένα DAMS μπορεί να διαθέτει συσκευές υλικού που απαιτούν ένα συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών (QoS) ή ένα εγγυημένο κατώτερο όριο ρυθμού μετάδοσης, όπως οι κωδικοποιητές πραγματικού χρόνου, συσκευές αναπαραγωγής περιεχομένου, κτλ. Σε γενικές γραμμές, για τέτοιες συσκευές θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένα ιδιωτικό δίκτυο συνδέσεων σημείου-πρός-σημείο (point-to-point) (π.χ. εικονικό LAN – VLAN).

4.2 Συστήματα αποθήκευσης

Τα συστήματα αποθήκευσης χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε περιπτώσεις όπου μεγάλοι όγκοι δομημένων δεδομένων είναι ανάγκη να αποθηκευτούν αξιόπιστα και με ασφάλεια (όπως οικονομικά δεδομένα, δεδομένα κοινωνικών ασφαλίσεων, ευαίσθητων επιστημονικών εφαρμογών, πληροφοριακών συστημάτων ασφάλειας, κτλ.). Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και σε δικτυακά περιβάλλοντα, όπως το Διαδίκτυο, για τη διαχείριση και την αποθήκευση πολυ-μεσικού ψηφιακού περιεχομένου. Όλοι αυτοί οι τομείς χρήσης των συστημάτων αποθήκευσης εισάγουν ορισμένες κρίσιμες απαιτήσεις που αυτά θα πρέπει να καλύπτουν, όπως η αξιοπιστία και η ασφάλεια στην αποθήκευση των δεδομένων, ο χρόνος ανάκτησής τους, το διατιθέμενο εύρος ζώνης για τη μετάδοσή τους, η συνολική τους απόδοση (εισαγόμενα πρός εξαγόμενα δεδομένα), κτλ. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά θα πρέπει να υποστηρίζουν υψηλή διακίνηση δεδομένων στις διεπαφές εισόδου/εξόδου τους (I/O interfaces) (παράδειγμα αποτελεί η ανάκτηση ψηφιακών αρχείων βίντεο υψηλής ποιότητας τα οποία έχουν αποθηκευτεί σε MPEG-2 ή κάποιο DV-based format σε ρυθμό έως και 50 Mb/s). Τέλος, σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η ανάκτηση μεγάλου όγκου δεδομένων σε χρόνο γρηγορότερο του πραγματικού.

Παρακάτω παρουσιάζονται 3 αρχιτεκτονικές συστημάτων αποθήκευσης. Αυτές απεικονίζονται και στην Εικόνα 5Α.

1. *Server Attached Storage (SAS)* : στην προσέγγιση αυτή το σύστημα αποθήκευσης εξαρτάται από το λειτουργικό σύστημα του εξυπηρετητή ο οποίος είναι υπεύθυνος και για τη διαχείριση των ψηφιακών αρχείων. Η SAS αρχιτεκτονική υλοποιεί τη λογική του αφέντη – σκλάβου (master – slave) κατά την οποία ο εξυπηρετητής δρά ως το αφεντικό (master) ενώ το υποκείμενο σύστημα αποθήκευσης ως ο σκλάβος (slave).

Στη γενική περίπτωση, ο εξυπηρετητής είναι επιφορτισμένος με μια σειρά ενεργειών που θα πρέπει να εκτελεί ταυτόχρονα, όπως εξυπηρέτηση εφαρμογών, εκτέλεση αναγνώσεων/εγγραφών σε βάσεις δεδομένων, παροχή υπηρεσιών σε αρχεία, λειτουργίες εισόδου/εξόδου (I/O) (π.χ.

εκτύπωση), διευθέτηση της επικοινωνίας μέσω του δικτύου που τον διασυνδέει με άλλους εξυπηρετητές ή πελάτες, έλεγχος της ακεραιότητας των δεδομένων, κτλ. Είναι φανερό ότι η εκτέλεση των ενεργειών αυτών έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας διενέξεων (conflicts) με εισερχόμενες αιτήσεις πελατών (client requests) για δεδομένα ή εφαρμογές του εξυπηρετητή. Η πιθανότητα αυτή γίνεται ακόμη μεγαλύτερη με την αύξηση του αριθμού των ταυτόχρονων αιτήσεων πελατών οι οποίες, με τη σειρά τους, μπορούν να μειώσουν δραστικά το χρόνο απόκρισης του εξυπηρετητή. Ακόμη χειρότερα, η απευθείας διασύνδεση του εξυπηρετητή με τα αποθηκευτικά μέσα υποφέρει από το περιορισμένο εύρος της μεταξύ τους επικοινωνίας. Περαιτέρω, με οποιαδήποτε τεχνολογία ενός LAN δικτύου (Token Ring, FDDI, Ethernet), ο προσαρμογέας δικτύου του εξυπηρετητή απασχολεί σε μόνιμη βάση το λειτουργικό σύστημα με αποτέλεσμα την ακόμη μεγαλύτερη υποβάθμιση της απόδοσης.

Για τους παραπάνω λόγους και λόγω των σύγχρονων τεχνικών και οικονομικών απαιτήσεων, η τεχνολογία SAS θεωρείται μάλλον ξεπερασμένη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως μια χαμηλού κόστους εναλλακτική επιλογή αποθήκευσης και για περιπτώσεις εγκατάστασης λειτουργικών συστημάτων και τοπικά εγκαθιστώμενων εφαρμογών (δηλαδή, εντός του αποθηκευτικού μέσου του εξυπηρετητή).

2. *Network Attached Storage (NAS)* : καθώς οι εξυπηρετητές και οι πελάτες ενός τοπικού LAN δικτύου εντός μιας φυσικής DAMS υποδομής μπορεί να αυξάνονται με μεγάλους ρυθμούς, οι δικτυακές υποδομές και οι υπηρεσίες που παρέχουν καθίστανται ολοένα και πιο κρίσιμες. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένοι εξυπηρετητές για τη διαχείριση συστοιχιών δίσκων που διασυνδέονται σε τοπικά δίκτυα (LAN-attached).

Αυτοί οι εξυπηρετητές χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία NAS αρχιτεκτονικών και είναι αποκλειστικά βελτιστοποιημένοι για ενέργειες που αφορούν εξυπηρέτηση και διαχείριση αρχείων (file serving). Μπορούμε να πούμε, δηλαδή, ότι οι NAS αρχιτεκτονικές βασίζονται στην ιδέα των αρχειο-κεντρικών (file-centric) εξυπηρετητών. Με τον τρόπο αυτό γίνεται διαχωρισμός μεταξύ των ενεργειών που σχετίζονται με τη διαχείριση αρχείων και των υπόλοιπων ενεργειών, για τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν κλασικοί εξυπηρετητές. Η NAS τεχνολογία βασίζεται σε πολυ-επίπεδες δικτυακές αρχιτεκτονικές (π.χ. μοντέλα OSI) οι οποίες υλοποιούν διαδικτυακά πρωτόκολλα, όπως το TCP/IP και το IPX.

Οι NAS εξυπηρετητές μπορούν να θεωρηθούν ως εξειδικευμένοι εξυπηρετητές αρχείων οι οποίοι εκτελούν I/O εντολές στο επίπεδο των αρχείων (file-level). Επιπλέον, αυτοί μπορούν να υλοποιήσουν συμβατικά πρωτόκολλα διαμοιρασμού αρχείων, όπως το Network File System (NFS) και το Common Internet File System (CIFS), και να επιτρέψουν, έτσι, το διαμοιρασμό αρχείων μεταξύ ετερογενών πελατών (π.χ. NT ή UNIX workstations). Έτσι, καθίσταται εφικτή η απευθείας πρόσβαση ετερογενών πελατών στο επίπεδο των αρχείων που διαχειρίζονται οι NAS εξυπηρετητές.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της NAS τεχνολογίας είναι ότι μια συσκευή αποθήκευσης μπορεί να εγκατασταθεί ως μια plug-and-play συσκευή μέσα στο LAN δίκτυο του NAS χωρίς να είναι απαραίτητη η επανεκκίνηση του (ή των) NAS εξυπηρετητών. Το μόνο που χρειάζεται είναι η δέσμευση μιας μοναδικής IP διεύθυνσης για τη συσκευή εντός του LAN δικτύου και η ορθή ρύθμιση των παραμέτρων ελέγχου και πρόσβασης της συσκευής στο δίκτυο.

Βασικό μειονέκτημα της NAS προσέγγισης είναι η περίπτωση της μεταφοράς και αποθήκευσης υψηλού ρυθμού ροών βίντεο (video streaming). Στην περίπτωση αυτή, το εύρος ζώνης του LAN μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χαμηλό και να οδηγήσει σε πιθανή συμφόρηση δεδομένων (bottleneck). Επιπλέον, ακριβώς επειδή η NAS τεχνολογία βασίζεται σε δικτυακά πρωτόκολλα όπως το TCP/IP, δεν είναι δυνατόν να προσφέρει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσιών (QoS), όπως η υλοποίηση προτεραιοτήτων κατά τη μετάδοση, η αξιόπιστη δρομολόγηση, το ικανοποιητικό επίπεδο ασφάλειας δεδομένων, κτλ. Αντιθέτως, ο διαχωρισμός των δεδομένων σε μικρά IP πακέτα μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες καθυστερήσεις μειώνοντας περαιτέρω την απόδοση.

3. *Storage Area Network (SAN)* : η τεχνολογία SAN αποτελεί την πιο πρόσφατη αρχιτεκτονική συστημάτων αποθήκευσης και παρέχει ένα υψηλής ταχύτητας δίκτυο αποθήκευσης στο οποίο μπορούν να διασυνδέονται ετερογενείς εξυπηρετητές και να ανταλλάσσουν μεγάλους όγκους δεδομένων. Βασίζεται σε μια πολυ-επίπεδη δικτυακή αρχιτεκτονική καναλιών επικοινωνίας (Fibre Channel Multi-Layer Network Architecture) η οποία υποστηρίζει πολλαπλά δικτυακά πρωτόκολλα, ένα switched fibre channel δίκτυο (SAN δίκτυο) και κλάσεις υπηρεσιών (service classes) για τη βελτιστοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ των διαφόρων, διαφορετικής απόστασης, διασυνδέσεων των εξυπηρετητών με τις συσκευές αποθήκευσης. Αποτελεί την ιδανικότερη λύση για την αξιόπιστη εκτέλεση online συναλλαγών (transactions), όπως σε μεγάλες βάσεις δεδομένων, και για την ασφαλή μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων, όπως απαιτείται από εφαρμογές βίντεο και από υπηρεσίες ροών δεδομένων.

Κάθε συσκευή αποθήκευσης συνδέεται στη SAN αρχιτεκτονική λαμβάνοντας ένα μοναδικό ID (World Wide Port Number – WWPN). Επίσης, ο αποθηκευτικός χώρος που προσφέρει μια συσκευή (ή ένα σύνολο συσκευών) μπορεί να κατατμηθεί σε λογικές μονάδες αποθήκευσης (partitions) στις οποίες ανατίθενται συγκεκριμένοι αριθμοί (Logical Unit Numbers – LUNs). Για την κάθε συσκευή προσφέρεται η δυνατότητα του καθορισμού δικαιωμάτων πρόσβασης σ' αυτήν, δηλαδή το ποιοί εξυπηρετητές, πελάτες ή άλλες συσκευές έχουν το δικαίωμα να προσπελάσουν τα δεδομένα της. Αυτό γίνεται με τη παραχώρηση ή την άρνηση πρόσβασης σε αριθμούς WWPNs και LUNs.

Σε μια SAN αρχιτεκτονική, η επικοινωνία μεταξύ των πελατών και των εξυπηρετητών διαχωρίζεται πλήρως από την επικοινωνία μεταξύ των εξυπηρετητών και του συστήματος αποθήκευσης, αφού οι εξυπηρετητές

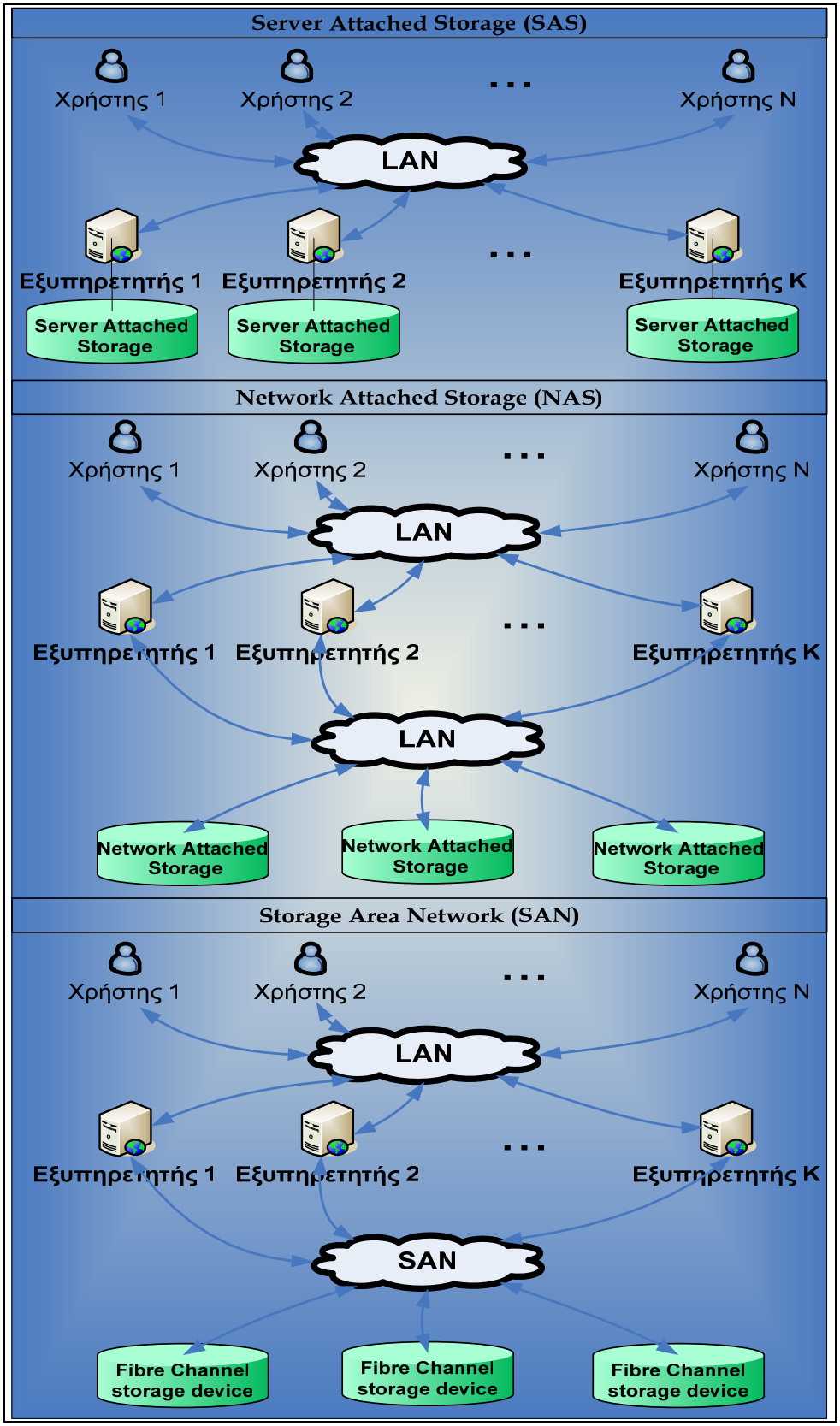
επικοινωνούν με τις συσκευές αποθήκευσης μέσω του SAN δικτύου. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται τυχόν διενέξεις κατά την αύξηση των αιτήσεων των πελατών πρός τους εξυπηρετητές. Οι διασυνδέσεις με τις συσκευές αποθήκευσης μπορούν να θεωρηθούν ως υψηλής ταχύτητας I/O κανάλια με τυπικό εύρος ζώνης τα 100 έως και 200Mbytes/s.

Μια SAN αρχιτεκτονική μπορεί να διαχωριστεί σε 3 λογικά επίπεδα : 1) το επίπεδο των εξυπηρετητών και των πελατών, 2) το επίπεδο του SAN δικτύου, το οποίο μπορεί να αποτελείται από έναν αριθμό δρομολογητών (routers, hubs, switches) και πυλών (gateways) ή/και γεφυρών (bridges) και 3) το επίπεδο των συσκευών αποθήκευσης που μπορεί να ποικίλλουν από σκληρούς δίσκους, κασσέττες δεδομένων, κτλ. Για την επικοινωνία των εξυπηρετητών μεταξύ τους, των εξυπηρετητών με τις συσκευές αποθήκευσης και των συσκευών αποθήκευσης μεταξύ τους χρησιμοποιούνται, στη συνήθη περίπτωση, οπτικές ίνες ως το μέσο της υποκείμενης δικτυακής υποδομής.

Σε σχέση με τις άλλες 2 τεχνολογίες, η SAN προσφέρει πολύ περισσότερες δυνατότητες όσον αφορά το εύρος ζώνης, την ποιότητα υπηρεσιών και την απρόσκοπτη πρόσβαση. Σε σχέση με την SAS, η SAN υπερτερεί στην ουσιαστική αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω των κοινόχρηστων συσκευών αποθήκευσης και του διαμοιρασμού των πόρων που πετυχαίνει. Για παράδειγμα, στη SAN πολλοί μαζί εξυπηρετητές και οι εφαρμογές τους μπορούν να εκμεταλλεύονται ταυτόχρονα έναν μικρό αριθμό πανίσχυρων συστημάτων αποθήκευσης. Επιπλέον, λόγω του SAN δικτύου, εξαλείφονται οι όποιες διενέξεις κατά την ταυτόχρονη επικοινωνία των εξυπηρετητών με πελάτες και με το σύστημα αποθήκευσης. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η μη διακοπή της πρόσβασης (non-blocking access). Σε αντίθεση με την NAS, η οποία βασίζεται στην εκτέλεση εντολών I/O στο επίπεδο αρχείων μέσα από δικτυακά LAN πρωτόκολλα, στη SAN οι εντολές I/O εκτελούνται στο επίπεδο των δεδομένων (data-centric) ενώ προσφέρεται εγγυημένη ποιότητα υπηρεσιών (QoS) μέσω των κλάσεων υπηρεσιών. Ωστόσο, οι SAN και NAS δεν αποτελούν ανταγωνιστικές τεχνολογίες αφού μπορούν ανα περίπτωση να καλύψουν διαφορετικές λειτουργικές απαιτήσεις.

Στα γενικότερα πλεονεκτήματα της SAN συγκαταλέγονται η ασφαλής λειτουργία σε συνδυασμό με την υψηλή διαθεσιμότητα. Αυτές διασφαλίζονται με την προσαρμοζόμενη ανοχή σε λάθη (fault tolerance) και την πολυ-όδευση (multi-pathing), δηλαδή την εύρεση δικτυακών μονοπατιών σε περιπτώσεις απώλειας κόμβων ή συμφόρησης στην κυκλοφορία του δικτύου. Επιπλέον, η SAN προσφέρει ευελιξία στην κλιμάκωση όσον αφορά την αύξηση της απόστασης των συνδέσμων επικοινωνίας. Ακόμη, ακριβώς επειδή η SAN βασίζεται σε switched fibre channel δικτυακές υποδομές, σχεδόν όλες οι σύγχρονες συσκευές αποθήκευσης μπορούν να συνδεθούν εύκολα σε SAN υποδομές αφού είναι, στη συνήθη περίπτωση, εφοδιασμένες με fibre channel συνδέσμους. Τέλος, SCSI-based συστήματα αποθήκευσης μπορούν εύκολα να συνδεθούν σε

μια SAN υποδομή μέσω ειδικών προϊόντων μετατροπέων (SCSI – SAN converters).



Εικόνα 5Α : Οι αρχιτεκτονικές συστημάτων αποθήκευσης SAS, NAS και SAN

4.3 Λύσεις μαζικής αποθήκευσης

Παρά τη μέχρι σήμερα πρόοδο που έχει συντελεστεί όσον αφορά την ανάπτυξη των υπολογιστικών μονάδων σε τσίπς και την ελάττωση του κόστους της online αποθήκευσης, ακόμη δεν είναι εφικτή η online διατήρηση όλου του ψηφιακού περιεχομένου ενός οργανισμού (ή μεγάλου όγκου περιεχομένου). Για παράδειγμα, μια μέσου μεγέθους αρχειακή αποθήκη βίντεο (video-archive) μπορεί να διαθέτει 100000 ώρες ψηφιακού βίντεο. Για την αποθήκευση του περιεχομένου σε 4 Mb/s τύπο μετάδοσης (broadcast format) απαιτούνται 180 Terabytes αποθηκευτικού χώρου. Για την αποθήκευσή του σε κάποιον υψηλότερο ρυθμό bits (π.χ. 25 Mb/s) απαιτούνται μέχρι και 1.125 Petabytes. Για την αποθήκευση αντιγράφων για πλοήγηση (browse copies), τα οποία αποθηκεύονται σε MPEG-1 format, μπορεί να απαιτούνται ακόμη κάποια Terabytes. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι κάθε online σύστημα αποθήκευσης θα πρέπει να συνοδεύεται και από ένα ευέλικτο και αποδοτικού κόστους σύστημα μαζικής αποθήκευσης (mass storage system) το οποίο, μάλιστα, θα επιτρέπει την πρόσβαση στο περιεχόμενο που αποθηκεύει χωρίς αδικαιολόγητες καθυστερήσεις.

Τα συστήματα μαζικής αποθήκευσης που βασίζονται σε κασσέττες (tape-based) αποτελούν ακόμη και σήμερα τη μόνη αξιόπιστη και προσιτή οικονομικά λύση για την αντιμετώπιση τεράστιου όγκου δεδομένων, όπως η αποθήκευση βίντεο. Ειδικά για την αποθήκευση βίντεο, υπάρχουν 2 βασικές επιλογές, η καθεμιά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της :

1. *Τεχνολογίες που υποστηρίζουν διαδεδομένα videotape formats :* οι τεχνολογίες αυτές βασίζονται στις γνωστές βιντεοκασσέττες (videotapes) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν καθόλη τη διάρκεια της αλυσίδας παραγωγής ψηφιακού περιεχομένου. Επιπλέον, υπάρχει μια ποικιλία βιβλιοθηκών κασσεττών (tape libraries) που είναι εξολοκλήρου αφιερωμένες στην υποστήριξη και τη διαχείριση των διαφόρων videotape formats καθώς και των αντίστοιχων recorders τους.
2. *Standard IT συσκευές αποθήκευσης :* τέτοιες συσκευές μπορεί να είναι κασσέττες δεδομένων (data tapes), σκληροί δίσκοι μεγάλης χωρητικότητας ή οπτικά μέσα αποθήκευσης. Επιπλέον, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός λύσεων διαχείρισης και υποστήριξης τέτοιων συσκευών (robotics).

4.3.1 Videotape-based συστήματα

Ένας τυπικός εξοπλισμός μετάδοσης ψηφιακού περιεχομένου είναι τα Video Library Management Systems (V-LMS). Αυτά τα συστήματα προσφέρονται από παραδοσιακούς παρόχους μετάδοσης. Μερικοί τέτοιοι πάροχοι προσφέρουν συστήματα τα οποία επιτρέπουν την αποθήκευση και διαχείριση έως και 200000 ωρών βίντεο σε 50 Mb/s ρυθμό, τα οποία αντιστοιχούν μέχρι και σε 4.5 Petabytes αποθηκευτικού χώρου. Σε ένα τέτοιο σύστημα, ο αριθμός των videotape recorders που λειτουργούν σε συνδυασμό

με τα αντίστοιχα tape robotics, καθορίζουν και τον αριθμό των ταυτόχρονων video playouts και recordings.

Η συνολική απόδοση ενός V-LMS είναι συγκρίσιμη με συστήματα αποθήκευσης που βασίζονται σε κασσέττες δεδομένων. Ωστόσο, σε ένα περιβάλλον μετάδοσης βίντεο περιεχομένου, παρουσιάζουν και μερικά βασικά πλεονεκτήματα όπως :

1. Μια εξερχόμενη ροή δεδομένων βίντεο από ένα real-time V-LMS είναι απευθείας αξιοποιήσιμη στην τρέχουσα αλυσίδα παραγωγής.
2. Η χρονικά ελεγχόμενη (timecode-controlled) μερική ανάκτηση δεδομένων βίντεο, ήχου ή άλλων μεταδεδομένων μπορεί να γίνει με εύκολο και ευέλικτο τρόπο.
3. Αν χρησιμοποιείται και συμπίεση του βίντεο, μπορεί να επιτευχθεί ακόμη πιο γρήγορη real-time μετάδοσή του.

Αντίστοιχα, υπάρχει και ένας σημαντικός αριθμός περιορισμών στα V-LMS συστήματα.

1. Εφόσον το V-LMS περιέχει συγκεκριμένους videotape recorders (VCRs), οι τύποι (formats) του βίντεο που υποστηρίζονται, περιορίζονται μόνο σε αυτούς που μπορούν να δεχτούν και να διαχειριστούν τα επιμέρους VCRs. Κάτι τέτοιο μειώνει την ευελιξία και δεν καθιστά τη λύση ανεξάρτητη των διαφόρων τύπων βίντεο (format-agnostic).
2. Ένα V-LMS σύστημα είναι μια λύση εκ των προτέρων προσανατολισμένη σε ψηφιακό περιεχόμενο μορφής βίντεο. Για το λόγο αυτό, παρουσιάζονται αναπόφευκτα ασυμβατότητες με την αποθήκευση και διαχείριση άλλων formats, π.χ. ήχου ή άλλων δεδομένων, για τα οποία απαιτούνται άλλες ξεχωριστές λύσεις.
3. Λόγω της χρήσης των VCRs, δεν είναι δυνατή η υποστήριξη της μεταφοράς βίντεο μέσω ψηφιακών αρχείων αλλά μόνο μέσω ροών δεδομένων (streaming).
4. Η αυξανόμενη ποσότητα ψηφιακού περιεχομένου προσθέτει και μια νέα απάιτηση την οποία δεν καλύπτουν τα σημερινά V-LMS : την αυτόματη υποστήριξη του ελέγχου της ακεραιότητας των δεδομένων (data integrity) κατά τη μετανάστευση (migration) του βίντεο από το ένα format στο άλλο ή από τη μια αποθηκευτική συσκευή στην άλλη.

Συμπερασματικά, τα V-LMS συστήματα προσφέρουν, από τη μία, μια τεράστια δεξαμενή αποθήκευσης δεδομένων. Από την άλλη, όμως, δεν προσφέρουν τη μέγιστη λειτουργική υποστήριξη και κάλυψη βασικών απαιτήσεων. Επιπλέον, τα διάφορα πολυμεσικά formats που χρησιμοποιούν τα V-LMS συστήματα για τα δεδομένα πρός μετάδοση, δεν υποστηρίζονται από ευρέως διαδεδομένα IT προϊόντα.

4.3.2 IT-based συστήματα μαζικής αποθήκευσης

Τα IT-based συστήματα μαζικής αποθήκευσης (Mass Data Storage – MDS) προσφέρουν ευέλικτη αρχιτεκτονική και μια ευρεία διαθεσιμότητα από εργαλεία διαχείρισης. Με τη βοήθεια τέτοιων εργαλείων μπορεί να επιτευχθεί η διαδικασία της αυτόματης μετανάστευσης ψηφιακών δεδομένων από παλιά σε νέα formats αποθήκευσης. Μάλιστα, μια τέτοια διαδικασία μπορεί να εκτελείται παρασκηνιακά σαν μια υπηρεσία του συστήματος. Μερικά από τα πλεονεκτήματά τους είναι :

1. Τα ψηφιακά αρχεία καταχωρούνται (log) για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα των δεδομένων (ψηφιακών αρχείων ή ακόμη και ευάλωτων μεταδεδομένων) καθώς και να επακολουθήσουν, όπου είναι απαραίτητο, προληπτικές ενέργειες σε τυχόν απώλειές τους.
2. Τα MDS προσφέρουν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα (adaptation) σε νέες τεχνολογίες αποθήκευσης ως ένα μέσο ελέγχου του φυσικού μεγέθους μιας αρχειακής αποθήκης.
3. Τα MDS παρέχουν πρός τα πίσω συμβατότητα ανάγνωσης (read compatibility) μέχρι τουλάχιστον 2 ή 3 γενιές τεχνολογιών αποθήκευσης.
4. Τα MDS προσφέρουν ανεξαρτησία όσον αφορά τα υποστηριζόμενα formats δεδομένων. Μπορούν να δεχτούν και να διαχειριστούν ψηφιακό περιεχόμενο σε διάφορους τύπους και μορφές και να τις αποθηκεύσουν σε διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων.
5. Αναπόσπαστο κομμάτι των MDS αποτελεί η υποστήριξη της μεταφοράς περιεχομένου με τη μορφή ψηφιακών αρχείων, κάτι που δε συμβαίνει στα V-LMS (προσφέρουν μόνο streaming).
6. Τα MDS μπορούν, γενικότερα, να προσαρμοστούν στις διαφορετικές απαιτήσεις μετάδοσης και δικτυακού εύρους ζώνης μέσω της χρήσης ειδικών ενδιάμεσων μνημών (buffers). Έτσι μπορούν να προσφέρουν τόσο μετάδοση δεδομένων μέσω ψηφιακών αρχείων όσο και μέσω ροών δεδομένων.
7. Μέσω των MDS υιοθετείται μια ευέλικτη αρχιτεκτονική αποθήκευσης η οποία επιτρέπει το ταίριασμα μεταξύ των διαφόρων απαιτήσεων των χρηστών (κόστος, χωρητικότητα, απόδοση, πρόσβαση, λειτουργικότητα, μακροβιότητα, κτλ.) και των ιδιαίτερων ιδιοτήτων των διαφόρων αποθηκευτικών μέσων (κασσέττες δεδομένων, δίσκοι, CD-R, DVDs, κτλ.). Με τον τρόπο αυτό τα MDS καθίστανται λύσεις που μπορούν να εφαρμοστούν και να εξυπηρετήσουν διάφορα είδη αρχειακών αποθηκών, όπως online, near-online, deep, κτλ.

4.3.3 Συσκευές αποθήκευσης για μακροπρόθεσμη αποθήκευση

Κατά την επιλογή μιας από τις παραπάνω τεχνολογιές συστημάτων μαζικής αποθήκευσης είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψιν ο χρόνος της εξέλιξης των μέσων αποθήκευσης. Για παράδειγμα, οι βελτιώσεις που έχουν επιτευχθεί στον τομέα της αποθηκευτικής πυκνότητας (storage density) των σκληρών δίσκων και οι σημαντικές δυνατότητες αποθήκευσης που προσφέρουν άλλα σύγχρονα ε(-πανε)γγράψιμα οπτικά αποθηκευτικά μέσα

(recordable optical media) αποτελούν σίγουρα καλές εναλλάκτικες προτάσεις σε σχέση με τις παραδοσιακές κασσέττες δεδομένων. Αν και οι σκληροί δίσκοι και τα οπτικά μέσα δεν είναι ακόμη σε θέση να ανταγωνιστούν το χαμηλότερο κόστος των μαγνητικών κασσετών, ωστόσο παρουσιάζουν το πλεονέκτημα του μικρότερου χρόνου πρόσβασης.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές επιλογές για συσκευές μαζικής μακροπρόθεσμης αποθήκευσης :

1. *Videotape recorders (VCR)* : ένα VCR εγγράφει ένα εισερχόμενο σήμα βίντεο σε μια βιντεοκασσέττα. Μια τέτοια διαδικασία δεν είναι αναγκαστικά διάφανη ως πρός τα δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι όταν χρησιμοποιείται μια τεχνική συμπίεσης του σήματος βίντεο, ο ρυθμός των δεδομένων μειώνεται με αποτέλεσμα το τελικό πρός αποθήκευση βίντεο να υφίσταται μια οριστική υποβάθμιση στην ποιότητά του. Το ποσό της υποβάθμισης αυτής εξαρτάται άμεσα από τον αλγόριθμο συμπίεσης και τον τελικό ρυθμό δεδομένων.

   Για την αναπαραγωγή βίντεο (video playback) χρησιμοποιούνται κατάλληλες χρονοσημάνσεις (timecodes) που είναι άμεσα συσχετισμένες με το ψηφιακό περιεχόμενο του βίντεο που αποθηκεύεται στην βιντεοκασσέττα. Αυτές οι χρονοσημάνσεις λειτουργούν ως σημεία έναρξης και λήξης μιας ροής δεδομένων βίντεο. Οπότε, κατά την εκκίνηση της αναπαραγωγής, η κασσέττα «γυρίζεται» (shuttled) στο αρχικό timecode ενός video clip (ένα τμήμα – segment του βίντεο) και ξεκινά η αναπαραγωγή (ή η μετάδοση) της ροής των δεδομένων του video clip σε πραγματικό (ή γρηγορότερο από πραγματικό) χρόνο, ανάλογα με τις ιδιότητες του VCR.

   Τα VCRs μπορούν να διαχειριστούν μέχρι κάποιο βαθμό και λάθη κατά τη μετάδοση ροών δεδομένων (ο παραμένων ρυθμός λαθών bits είναι της τάξης του 10^{-11}). Στην περίπτωση της διόρθωσης λαθών, διάφοροι μηχανισμοί απόκρυψης (concealment mechanisms) στα δεδομένα βίντεο και ήχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν με στόχο να μετριάσουν τα υποκείμενα αποτελέσματα των λαθών bits. Ωστόσο, αυτοί οι μηχανισμοί έχουν σχεδιαστεί ώστε να διασφαλίζουν τη συνεχή ροή των μεταδιδόμενων ή αναπαραγώμενων βίντεο, ακόμη κι αν κάτι τέτοιο σημαίνει και υποβάθμιση του σήματος του βίντεο.
2. *Οπτικοί δίσκοι* : υπάρχουν διάφοροι διαδεδομένοι τύποι οπτικών δίσκων, όπως οι διάφοροι τύποι CDs και DVDs καθώς και άλλοι μικρής χωρητικότητας μαγνητο-οπτικοί δίσκοι. Για την περίπτωση της σύγχρονης μαζικής αποθήκευσης ψηφιακού περιεχομένου, ο προτιμότερος τύπος οπτικών δίσκων είναι τα DVDs. Ωστόσο, οι περιορισμοί στη χωρητικότητα και την απόδοση (throughput) των δίσκων DVD καθιστά ακόμη απαγορευτική (ή αρκετά δυσχερή) τη χρήση τους σε near-online συστήματα αποθήκευσης. Η καταλληλότερη περιοχή εφαρμογής τους είναι για τις περιπτώσεις αποθήκευσης αντιγράφων βίντεο μικρής ποιότητας για πλοήγηση (browse copies) ή ασυμπίεστων PCM-encoded αρχείων

ήχου. Με λίγα λόγια, δίσκοι DVD μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για συγκεκριμένες κλάσεις εφαρμογών (π.χ. radio broadcasting).

3. *Κασσέττες δεδομένων* : οι κασσέττες δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση ψηφιακού περιεχομένου με τη μορφή ψηφιακών αρχείων (σε αντίθεση με τα VCRs που αποθηκεύουν μόνο ροές δεδομένων). Στην περίπτωση αυτή το ψηφιακό περιεχόμενο που διανέμεται μέσω ενός συγκεκριμένου container file format και το οποίο μπορεί να περιέχει μεταδεδομένα, κείμενο, ήχο ή/και βίντεο, μπορεί να αποθηκευτεί και να επεξεργαστεί ως μια ακολουθία bits. Αυτό σημαίνει ότι για το σύστημα αποθήκευσης, τα δεδομένα που αποθηκεύονται σ' αυτό είναι πλήρως διαφανή. Οι κασσέττες δεδομένων μπορούν να εγγράψουν και να αναπαράγουν δεδομένα σε πολύ υψηλούς ρυθμούς. Ωστόσο, δουλεύουν καλύτερα όταν λαμβάνουν και διανέμουν δεδομένα σε ένα σταθερά διατηρούμενο ρυθμό. Οι τυχόν διαφορές στους ρυθμούς μετάδοσης και λήψης ενός ψηφιακού αρχείου μπορούν να εξομαλυνθούν με τη βοήθεια γρήγορων ενδιάμεσων μνημών (buffers).
4. *Online αποθήκευση βασισμένη σε σκληρούς δίσκους* : οι σκληροί δίσκοι χρησιμοποιούνται ως συσκευές αποθήκευσης σε συστήματα SAS, NAS και SAN. Παρουσιάζουν βασικά πλεονεκτήματα όπως :
   - Μπορούν να αποτελέσουν κομμάτια ευρύτερων υποδομών αποθήκευσης.
   - Αποτελούν μια χαμηλού κόστους λύση για μακροπρόθεσμη αποθήκευση χαμηλής ποιότητας ψηφιακών αρχείων (π.χ. αντίγραφα αρχείων ήχου ή βίντεο για browsing).
   - Επιτυγχάνουν ασφάλεια δεδομένων μέσω εγκατάστασής τους σε διατάξεις RAID, το εύρος των οποίων κυμαίνεται από full disk mirroring (RAID level 1) μέχρι την πλήρη αντιγραφή υποσυνόλων δεδομένων.
   - Η χωρητικότητα των σκληρών δίσκων (μερικά Terabytes) εξελίσσεται ταχύτατα και αποτελεί ήδη μια ανταγωνιστική εναλλακτική επιλογή για τεχνολογίες αποθήκευσης.
5. *Συνδυαζόμενες τεχνολογίες* : διάφορες επιλογές συσκευών μαζικής μακροπρόθεσμης αποθήκευσης, όπως σκληροί δίσκοι, DVDs και κασσέττες δεδομένων, μπορούν να συνδυαστούν σε μια ευρύτερη λύση αποθήκευσης έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργικότητα και το μικρότερο δυνατό κόστος. Ο συνδυασμός των διαφορετικών λύσεων μαζικής αποθήκευσης μπορεί να καλύψει μια μεγάλη γκάμα απαιτήσεων και να τις επιλύσει μέσα από ένα ενιαίο σύστημα αποθήκευσης. Ωστόσο, θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι ο συνδυασμός των επιμέρους λύσεων μπορεί να ολοκληρωθεί εντός μιας DAMS αρχιτεκτονικής χωρίς να απαιτηθούν μεγάλες αλλαγές ή ακριβές προσαρμογές της τελευταίας. Σε αντίθετη περίπτωση, το όποιο σύστημα προκύψει θα υποφέρει από δυσκολίες όσον αφορά την υποστήριξη και συντήρησή του.

5. Παρεχόμενες υπηρεσίες και εφαρμογές των DAMS

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζουμε μια ευρεία γκάμα εφαρμογών και υπηρεσιών που παρέχουν τα DAMS. Σε γενικές γραμμές, οι *DAMS υπηρεσίες (DAMS services)* είναι κομμάτια λογισμικού – διεργασίες που εκτελούνται στο παρασκήνιο (background processes) και μπορούμε να τις προσομοιάσουμε με τις υπηρεσίες των διαφόρων λειτουργικών συστημάτων (operating system deamons or services). Οι *DAMS εφαρμογές (DAMS applications)* αποτελούν το οπτικό κομμάτι των υπηρεσιών ενός DAMS και είναι αυτές με τις οποίες αλληλεπιδρούν οι χρήστες ή πελάτες του συστήματος. Οι εφαρμογές μπορούν να θεωρηθούν ως οι γραφικές εκείνες διεπαφές χρήστη (GUI) οι οποίες προσδίδουν προσβασιμότητα στους χρήστες και υλοποιούν τη λειτουργικότητα των διαφόρων DAMS υπηρεσιών. Πιο αφαιρετικά, οι DAMS εφαρμογές μπορούν να θεωρηθούν ως οι γραφικοί πελάτες των DAMS υπηρεσιών. Με την έννοια αυτή, οι υπηρεσίες δέχονται διάφορες αιτήσεις από τους πελάτες (εφαρμογές ή άλλες υπηρεσίες) και ολοκληρώνουν τις ανατιθέμενες εργασίες τους πάνω στο ψηφιακό περιεχόμενο, στα μεταδεδομένα ή σε συσκευές του συστήματος, προσπελαύνοντας τον *πυρήνα του DAMS* (εξυπηρετητές εκτέλεσης των υπηρεσιών και συστήματα αποθήκευσης).

5.1 DAMS υπηρεσίες

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζουμε μερικές χρήσιμες και συχνά χρησιμοποιούμενες υπηρεσίες για τη διαχείριση ψηφιακού περιεχομένου, χρηστών και άλλων λειτουργιών σε DAMS που λειτουργούν σε μεγάλα επιχειρησιακά και δικτυακά περιβάλλοντα.

5.1.1 Υπηρεσίες διαχείρισης συστήματος (system management services)

1. *Υπηρεσία διαχείρισης ροών εργασιών (workflow management service)* : υλοποιεί τον τρόπο εκείνο με τον οποίο διάφορες πολύπλοκες διεργασίες (jobs or processes) του DAMS μπορούν να εκτελεστούν μέσω της διάσπασής τους σε άλλες μικρότερες (primitive) διεργασίες οι οποίες εκτελούνται σειριακά (sequentially) ή ταυτόχρονα (concurrently). Καθεμιά από αυτές τις primitive διεργασίες μπορεί να επιτελεστεί από μια άλλη υπηρεσία ή από τον ίδιο τον πυρήνα του DAMS.

Η διαχείριση ροών εργασιών μπορεί να συγκριθεί με μια μηχανή κατάστασης (state machine) στην οποία τις καταστάσεις (states), που μπορεί να αναλάβει μια διεργασία, τις καθορίζει η ροή εργασιών και οι μεταβάσεις (transitions) μεταξύ των καταστάσεων υλοποιούνται μέσω της ανάθεσης των τελευταίων σε διεργασίες.

Η διαχείριση ροών εργασιών προσφέρει όλα εκείνα τα μέσα τα οποία παρέχουν :

- τον καθορισμό πολύπλοκων διεργασίων από άλλες απλούστερες διεργασίες, π.χ. μέσω scripting προγραμμάτων.

- τον καθορισμό των ίδιων των ροών εργασιών που μπορεί να αφορούν χρήστες ή ψηφιακά αντικείμενα, π.χ. μέσω της επιβολής σε αυτά και διαχείρισης κατάλληλων δεικτών (flags). Καθόλη τη διάρκεια του κύκλου μιας ροής εργασιών κάθε αντικείμενο που άμεσα ή έμμεσα λαμβάνει μέρος σ' αυτήν (π.χ. ψηφιακό αντικείμενο, χρήστες, διεργασίες, κτλ.), διαθέτει έναν δείκτη της τρέχουσας κατάστασής του (status flag) μέσω του οποίου μπορεί να υλοποιηθεί η έγκριση (approval) ενός αντικειμένου, διεργασίας, χρήστη, κτλ., στο επόμενο βήμα μιας ροής εργασιών.
- την παρακολούθηση των ροών εργασιών (workflow monitoring).
- κατάλληλες διεπαφές διαχείρισης (administration interfaces) μέσω των οποίων υποστηρίζεται η τροποποίηση των διεργασιών και των παραμέτρων τους, η παρακολούθηση της εκτέλεσης και της έγκρισής τους σε επόμενα στάδια των ροών καθώς και η εισαγωγή και διαγραφή διεργασιών σε ροές.

2. *Υπηρεσία διαχείρισης διεργασιών (task management service)* : λαμβάνει τις διεργασίες που ανατίθενται σε ροές εργασιών από την υπηρεσία διαχείρισης ροών εργασιών και επεξεργάζεται τη σειρά εκτέλεσής τους φτιάχνοντας κατάλληλα προγράμματα χρονοδρομολόγησης. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένας επεξεργαστής ροών εργασιών (workflow processor) ο οποίος επιτρέπει τη βέλτιστη εκτέλεση συχνά χρησιμοποιούμενων ροών εργασιών, όπως ροών που περιέχουν διεργασίες που εκτελούνται μία φορά (one-time jobs) ή διεργασίες που εκτελούνται ανα τακτά χρονικά διαστήματα. Επιπλέον, θέτει τις διεργασίες που είναι έτοιμες για εκτέλεση σε ουρές (job queueing) και τις κατανέμει κατάλληλα πρός άλλες DAMS υπηρεσίες που θα τις εκτελέσουν.

3. *Υπηρεσία ελέγχου συναλλαγών (transaction control service)* : διασφαλίζει την ορθή και ασφαλή εκτέλεση κάθε είδους συναλλαγών (transactions) μεταξύ των DAMS εξυπηρετητών και υπηρεσιών. Η υπηρεσία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στη συνήθη περίπτωση της διάσπασης του λογισμικού σε αυτόνομες μονάδες (υποσυστήματα) και, άρα, στην ανάγκη ύπαρξης πολλαπλών πολύπλοκων ή απλούστερων διεργασιών, όπου μια ή περισσότερες από αυτές εξαρτώνται κυρίαρχα από την ασφαλή και πλήρη εκτέλεση προηγούμενων διεργασιών. Στις περιπτώσεις αυτές η μη ασφαλής εκτέλεση ή η μη ολοκλήρωση της εκτέλεσης μιας διεργασίας μπορεί να οδηγήσει άμεσα το σύστημα σε μια μη σταθερή κατάσταση (inconsistent state), όπου καμία από τις επόμενες προς εκτέλεση διεργασίες δεν είναι σε θέση να ανακαλύψει ότι η προηγούμενή της ή κάποια από τις προηγούμενες δεν εκτελέστηκαν καθόλου ή δεν εκτελέστηκαν ορθά. Η υπηρεσία ελέγχου συναλλαγών παρέχει μηχανισμούς υλοποίησης της ορθής επικοινωνίας μεταξύ πολλαπλών υπηρεσιών. Παραδείγματα τέτοιων μηχανισμών είναι το X/Open Standard, η τεχνολογία CORBA, κτλ.

4. *Υπηρεσία ονοματοδοσίας (naming service)* : αποτελεί την κύρια αρχή εγγραφής και καταχώρησης κάθε κομματιού λογισμικού/υλικού του DAMS (υπηρεσίες, διεργασίες, εφαρμογές, εξυπηρετητές, ψηφιακά αρχεία,

κτλ.). Η λειτουργικότητα και τα χαρακτηριστικά της μπορούν να συγκριθούν με την κλασική διαδικτυακή υπηρεσία Domain Name Service (DNS). Κάθε αντικείμενο του DAMS που εγγράφεται (register) στην υπηρεσία ονοματοδοσίας μπορεί να καθορίσει τη θέση του μέσα στο σύστημα και να ταυτοποιηθεί από τα υπόλοιπα αντικείμενα του συστήματος, εδραιώνοντας την άρτια και ορθή επικοινωνία του με αυτά. Επιπλέον, για κάθε αντικείμενο που εγγράφεται, η υπηρεσία (ή αντίστοιχα το ίδιο το αντικείμενο) είναι σε θέση ανα πάσα στιγμή να επαληθεύσει την ορθότητα της εγγραφής του, να ανανεώσει τις αντίστοιχες πληροφορίες ονοματοδοσίας που του αντιστοιχούν και, τελικά, να διαγράψει την εγγραφή του (un-register) όταν αυτό πάψει να λειτουργεί, να υπάρχει ή να εκτελείται.

5. *Υπηρεσία καταγραφής γεγονότων (event logging service)* : χρησιμοποιείται για την υποστήριξη της ανταλλαγής και διαχείρισης εσωτερικών μηνυμάτων μεταξύ υπηρεσιών η/και εξυπηρετητών που αφορούν κρίσιμα (ή μη) γεγονότα του συστήματος, όπως κοινοποιήσεις (notifications), προειδοποιήσεις (warnings), μηνύματα λαθών (error messages), κτλ. Μπορεί να υποστηρίζει διάφορα επίπεδα σοβαρότητας των μηνυμάτων (severity of messages).

   Η υπηρεσία αυτή μπορεί να είναι κατανεμημένη σε διάφορα υποσυστήματα ή εξυπηρετητές του DAMS ή να εκτελείται σε κάθε φυσικό μηχάνημα εξυπηρετητή της υποδομής. Για το λόγο αυτό υπάρχουν διάφοροι τρόποι οργάνωσης και εκτέλεσής της που ποικίλλουν από την ιεραρχική client-server λογική μέχρι peer-to-peer υποδομές. Οι εξυπηρετητές στους οποίους εκτελείται η υπηρεσία (message servers) λαμβάνουν μηνύματα από τις διάφορες DAMS υπηρεσίες ή από τα διάφορα υποσυστήματα.

   Κάθε υποσύστημα ή υπηρεσία, για να είναι σε θέση να αποστείλει μηνύματα, θα πρέπει πρώτα να εγγράφεται στην υπηρεσία γεγονότων. Στη συνέχεια, μια εγγεγραμμένη υπηρεσία ανοίγει ένα κανάλι επικοινωνίας (log channel) με την υπηρεσία γεγονότων, γράφει το μήνυμά της στο κανάλι και, τελικά, κλείνει το κανάλι. Όταν μια υπηρεσία σταματά τη λειτουργία της, διαγράφεται από την υπηρεσία γεγονότων.

6. *Υπηρεσία παρακολούθησης διεργασιών (process monitoring service)* : ελέγχει συνεχώς την κατάσταση όλων των DAMS υπηρεσιών και επανεκκινεί αυτές που δεν εκτελούνται σωστά ή που δεν εκτελούνται καθόλου (failed processes). Συγκεκριμένα, παρέχει στους διαχειριστές του DAMS μια διεπαφή μέσω της οποίας είναι δυνατή η εκκίνηση, η επανεκκίνηση και ο τερματισμός των υπηρεσιών. Μια πιθανή υλοποίηση περιλαμβάνει την εκτέλεση ενός στιγμιοτύπου της υπηρεσίας παρακολούθησης σε κάθε φυσικό μηχάνημα εξυπηρετητή ως μιας διεργασίας που εκτελείται στο παρασκήνιο και μόνο κατά τη διάρκεια μη χρήσης των επεξεργαστών τους (processor idle time).

   Προφανώς, κάθε DAMS υπηρεσία θα πρέπει πρώτα να εγγράφεται στην υπηρεσία παρακολούθησης για να μπορεί αυτή να την παρακολουθεί ενώ θα πρέπει να παρέχει σ' αυτήν πληροφορίες σχετικά με

την τρέχουσα κατάστασή της καθώς και τον τρόπο εκκίνησης, επανεκκίνησης και τερματισμού της. Τα στοιχεία που αφορούν την τρέχουσα κατάσταση των υπηρεσιών αξιοποιούνται από την υπηρεσία παρακολούθησης για τις περιπτώσεις ανάληψης δράσης όταν αυτές αποτύχουν.

7. *Υπηρεσία διαχείρισης πόρων (resource management service)* : παρέχει λειτουργίες όπως κράτηση, κατανομή και παρακολούθηση πόρων (resource reservation, allocation, monitoring). Κάθε DAMS υπηρεσία που χρειάζεται ή μπορεί να προσφέρει ή πρόκειται να απελευθερώσει πόρους, εγγράφεται στην υπηρεσία διαχείρισης πόρων και στέλνει σ' αυτήν τα αντίστοιχα μηνύματα. Επιπλέον, αποστέλλει περαιτέρω πληροφορίες με τη μορφή αναφορών (reports) οι οποίες περιγράφουν την τρέχουσα κατάσταση των δεσμευμένων ή διατιθέμενων πόρων της καθώς και για το αν έχει ή πρόκειται να συμβεί κάποια αλλαγή στην κατάσταση αυτή (νέα δέσμευση πόρων ή αποδέσμευσή τους).

   Κάθε DAMS υπηρεσία που απαιτεί νέους πόρους υποβάλλει μια ερώτηση (query) πρός την υπηρεσία διαχείρισης πόρων για να διαπιστώσει αν αυτοί είναι ή όχι διαθέσιμοι. Τότε η τελευταία ξεκινά τη διαδικασία δέσμευσης πόρων η οποία επιτελείται μέσω των ακόλουθων ενεργειών : 1) εκχώρηση ενός χρονικού διαστήματος που σχετίζεται με τη δέσμευση του πόρου (time span), 2) ανάθεση προτεραιότητας για την πρόσβαση στον πόρο, 3) ανάδειξη ενός επιπέδου εμπιστευτικότητας που δείχνει το πόσο σίγουρη είναι η υπηρεσία διαχείρισης πόρων για μια συγκεκριμένη δέσμευση πόρου (δεδομένου ότι κάποια δέσμευση μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες καταστάσεις ποικίλλης σοβαρότητας, όπως αναστολή της εκτέλεσης μιας κρίσιμης υπηρεσίας, κτλ.). Ένα καλό επίπεδο εμπιστευτικότητας μπορεί να οδηγήσει σε υπερδέσμευση πόρων ενώ η ανάθεση προτεραιοτήτων επιλύει το πρόβλημα του ποιά υπηρεσία μπορεί να δεσμεύσει ποιούς πόρους. Διάφοροι αλγόριθμοι, όπως ο first come-first serve, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις όπου πολλές υπηρεσίες έχουν την ίδια προτεραιότητα για να δεσμεύσουν έναν πόρο.

   Τέλος, η υπηρεσία διαχείρισης πόρων πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στις υπηρεσίες εκείνες που προσφέρουν πόρους στο σύστημα, να αναθέτουν και ελάχιστες προτεραιότητες σ' αυτούς. Με τον τρόπο αυτό οι DAMS υπηρεσίες μπορούν να υποβάλλουν ερωτήσεις για πόρους αποδίδοντας και επίπεδα προτεραιότητας (π.χ. μια υπηρεσία ζητά τον πόρο Α με υψηλή προτεραιότητα) και, αντιστοίχως, να τους δεσμεύουν μόνο στην περίπτωση όπου το αντίστοιχο επίπεδο προτεραιότητας είναι τουλάχιστον ίσο με την ελάχιστη προτεραιότητα που έχει ανατεθεί στον πόρο.

5.1.2 Υπηρεσίες διεύθυνσης συστήματος (system administration services)

1. *Υπηρεσία διαχείρισης χρηστών (user management service)* : διαχειρίζεται και καθορίζει τα δικαιώματα των διαφόρων χρηστών του συστήματος πάνω σε εφαρμογές, υπηρεσίες, ψηφιακά αντικείμενα, κτλ., χρησιμοποιώντας ένα

ευέλικτο σχήμα ανάθεσης ρόλων και προνομίων (role and privilege classification scheme). Για τη διευθέτηση των διαφορετικών απαιτήσεων και ενδιαφερόντων των χρηστών, η υπηρεσία τους διαχωρίζει σε ομάδες (user groups) στις οποίες και αναθέτει συγκεκριμένα δικαιώματα. Τυπικά παραδείγματα δικαιωμάτων είναι : 1) προεπισκόπηση, ανάγνωση, πρόσβαση, αναπαραγωγή (απλά δικαιώματα), 2) εγγραφή, διόρθωση, τροποποίηση, δημιουργία, αντιγραφή, διαγραφή (προχωρημένα δικαιώματα), 3) τροποποίηση λίστας πρόσβασης (βλέπε παρακάτω), αλλαγή ιδιοκτήτη (διαχειριστικά δικαιώματα). Με την ανάθεση δικαιωμάτων στις ομάδες, η υπηρεσία καθορίζει όχι μόνο τις εφαρμογές αλλά και σε ποιά ακριβώς κομμάτια της λειτουργικότητας των εφαρμογών αυτών έχει δικαίωμα πρόσβασης μια ομάδα. Επιπλέον, η ανάθεση δικαιωμάτων σε ομάδες αφορά και την άρνηση ή την παραχώρηση πρόσβασης σε ψηφιακά αρχεία και αντικείμενα.

Η υπηρεσία διαχείρισης χρηστών υποστηρίζει ενέργειες όπως η ανάθεση συγκεκριμένων χρηστών σε μια ομάδα (π.χ. οι χρήστες A, B, C ανήκουν στην ομάδα D) και το αντίθετο (π.χ. ο χρήστης E κληρονομεί τα δικαιώματα των ομάδων F, G,…). Επιπλέον, μπορεί να υποστηρίζει και την ιεραρχικότητα των ομάδων (π.χ. η ομάδα K περιέχει τα δικαιώματα των υπο-ομάδων L, M). Μόνο μια ομάδα χρηστών μπορεί να έχει πλήρη δικαιώματα σε όλες τις εφαρμογές και τα ψηφιακά αρχεία του DAMS (super-user group).

Για όλες τις παραπάνω ενέργειες, η υπηρεσία επικοινωνεί με μια κεντρική αποθήκη δεδομένων (repositories) που χρησιμοποιείται για πιστοποίηση και εξουσιοδότηση χρηστών (authentication/authorization). Τυπικά παραδείγματα τέτοιων αποθηκών είναι η υπηρεσία καταλόγου (directory service) Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) και το Microsoft Windows Primary Domain Controller (PDC). Η υλοποίηση των ενεργειών αυτών γίνεται μέσω της διαχείρισης λιστών πρόσβασης (Access Control Lists). Η υπηρεσία αναλαμβάνει να δημιουργεί και να διαχειρίζεται λίστες πρόσβασης για όλες τις εφαρμογές και τα ψηφιακά αρχεία και αντικείμενα του DAMS. Στις λίστες κρατούνται πληροφορίες πρόσβασης, όπως για παράδειγμα το ID της ομάδας που κατέχει ένα αντικείμενο, τα IDs των ομάδων που έχουν συγκεκριμένα δικαιώματα πρόσβασης σε αντικείμενα, το ID της ομάδας που αναθέτει δικαιώματα σε όλους τους χρήστες, κτλ.

2. *Υπηρεσία λογιστικής και αδειών χρήσης (accounting and licensing service)* : είναι υπεύθυνη για την καταγραφή της πρόσβασης (registering access) σε οντότητες όπως υποσυστήματα (π.χ. υποσύστημα ανάλυσης ψηφιακού περιεχομένου), εφαρμογές (π.χ. εφαρμογή τεκμηρίωσης) ή συσκευές (π.χ. σκληρός δίσκος, VCR, DVD player, κτλ.) του DAMS. Η καταγραφή αυτή βοηθά στην παραγωγή αναφορών κατάστασης και στατιστικών χρήσης μιας τέτοιας οντότητας καθώς και στη διαχείριση οικονομικών ζητημάτων, όπως η αντίστοιχη χρέωση ενός χρήστη για το χρονικό διάστημα που χρησιμοποίησε μια οντότητα, οι υπηρεσίες που του παρείχε, κτλ.

Η υπηρεσία καταγράφει για κάθε πρόσβαση σε οντότητα το ID του χρήστη, την ημερομηνία και την ώρα που έγινε η πρόσβαση, το χρονικό διάστημα που διήρκεσε καθώς και το είδος της πρόσβασης (ανάγνωση, εγγραφή, τροποποίηση, διαγραφή, αναπαραγωγή, κτλ.). Με τον τρόπο αυτό μπορεί να αξιοποιηθούν εμπορικά οι διάφορες εφαρμογές, τα υποσυστήματα ή/και οι συσκευές του DAMS καθώς και να διασφαλιστούν οι άδειες χρήσης του λογισμικού ή/και του υλικού στο οποίο αναπτύχθηκαν και εκτελούνται αυτές.

3. *Υπηρεσία αποστολής μηνυμάτων (messaging service)* : διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών του συστήματος (client-to-client communication) μέσω μηνυμάτων. Η λειτουργικότητά της περιλαμβάνει την αποστολή και λήψη μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail), η απευθείας επικοινωνία μεταξύ ομότιμων οντοτήτων (peer-to-peer), όπως είναι οι χώροι συνομιλιών (chat rooms), και η αποστολή στιγμιαίων ανακοινώσεων (instant notifications) πρός τους χρήστες. Κύριο πλεονέκτημα της υπηρεσίας είναι η ανταλλαγή μικρών μηνυμάτων σε συνεργατικά περιβάλλοντα με πολλές διαφορετικές ομάδες εργασιών των χρηστών (user work-groups), όπου, για παράδειγμα, η ειδοποίηση ενός χρήστη ότι ένας άλλος χρήστης ολοκλήρωσε μια ενέργεια, πρόσθεσε ψηφιακό περιεχόμενο, κτλ., μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη.
4. *Υπηρεσία καταγραφής παραμετροποιήσεων (configuration service)* : μπορεί να θεωρηθεί ως το μητρώο καταγραφών (registry) του συστήματος. Είναι επιφορτισμένη με το να κρατά όλες τις πληροφορίες παραμετροποίησης, εγκατάστασης και εκτέλεσης των DAMS υπηρεσιών καθώς και την όποια παραμετροποίηση των τερματικών και άλλων κρίσιμων δεδομένων των χρηστών. Με τον τρόπο αυτό, όλες οι DAMS υπηρεσίες μπορούν να κρατούν ελάχιστες πληροφορίες παραμετροποίησης που αφορούν μόνο την επιτυχή έναρξή τους και την ταυτοποίηση της υπηρεσίας ονοματοδοσίας που θα τις εγγράψει ώστε να γνωστοποιούνται στο υπόλοιπο σύστημα. Έτσι, η υπηρεσία διευκολύνει τη συντήρηση των DAMS υπηρεσιών ενώ μπορεί να υλοποιηθεί τόσο με κατανεμημένο όσο και με ιεραρχικό τρόπο (αρχή των μεσαζόντων – διαχειριστών, Κεφάλαιο 3, Παράγραφος 6).
5. *Υπηρεσία απομακρυσμένων εγκαταστάσεων (remote installation service)* : αυτοματοποιεί τη διαδικασία εγκατάστασης ολόκληρων υπηρεσιών, εφαρμογών ή/και υποσυστημάτων του DAMS και επιτελεί αυτόματες ενημερώσεις στο λογισμικό τους. Η υπηρεσία «κατεβάζει» τα αρχεία εγκατάστασης και ενημερώσεων από μια αρχειακή αποθήκη που είναι αφιερωμένη σε αρχεία εγκαταστάσεων (installation repository), εγκαθιστά τα αντίστοιχα αρχεία και επιτελεί όλα τα απαραίτητα βήματα παραμετροποίησης για την ορθή λειτουργία και εκτέλεσή τους. Τέλος, μπορεί να λειτουργεί σε κάθε φυσικό μηχάνημα εξυπηρετητή και να εκτελείται μόνο κατά τη διάρκεια μη χρήσης του επεξεργαστή του.

5.1.3 Άλλες υποστηρικτικές υπηρεσίες (supporting services)

1. *Υπηρεσία απορρόφησης (ingest service)* : είναι υπεύθυνη για την απορρόφηση ψηφιακού περιεχομένου, και ειδικότερα οπτικο-ακουστικών σημάτων, εντός του DAMS. Τέτοια σήματα μπορεί να προέρχονται από διαδικτυακές ή δορυφορικές πηγές ή από διάφορες συσκευές αποθήκευσης (κασσέττες, Digital Audio Tapes – DATs, CD or DVD recorders/players). Η υπηρεσία ψηφιοποιεί το εισερχόμενο σήμα σε διαφορετικά formats ενεργοποιώντας κατάλληλους κωδικοποιητές (encoders) του DAMS. Στα προκύπτοντα ψηφιακά αρχεία της διαδικασίας κωδικοποίησης θέτει μοναδικά IDs και, όπου είναι απαραίτητο, έναν περιορισμένο αριθμό περιγραφικών μεταδεδομένων**.** Στη συνέχεια, τα αποστέλλει σε κάποιο σύστημα αποθήκευσης (online ή near-online) της DAMS υποδομής.
2. *Υπηρεσία εισαγωγής (import service)* : εφόσον έχει ολοκληρωθεί η απορρόφηση ψηφιακού περιεχομένου, διάφορα ψηφιακά αρχεία υπάρχουν αποθηκευμένα εντός του DAMS. Για να καταστεί γνωστό ένα ψηφιακό αρχείο και για να χρησιμοποιηθεί από ή στις διάφορες DAMS υπηρεσίες θα πρέπει πρώτα να εισαχθεί στο σύστημα. Αυτή ακριβώς την εργασία επιτελεί η υπηρεσία εισαγωγής. Αυτή συνεργάζεται άμεσα με την υπηρεσία διαχείρισης ροών εργασιών αφού η εισαγωγή ενός ψηφιακού αρχείου προϋποθέτει την εισαγωγή του σε μια ή περισσότερες ροές εργασιών και την εκτέλεση άλλων ενεργειών που σχετίζονται με ροές, όπως η δημιουργία ή τροποποίηση των μεταδεδομένων του, η διαγραφή τυχόν άλλων αρχείων που σχετίζονται μ' αυτό (π.χ. ένα άχρηστο format του αρχείου), κτλ. Η υπηρεσία εισαγωγής μπορεί να κάνει εισαγωγή τόσο απλών ψηφιακών αρχείων όσο και να δρομολογήσει μαζικές εισαγωγές (batch-controlled mass imports). Τέλος, μπορεί να ενεργοποιήσει την υπηρεσία μετατροπής format (βλέπε παρακάτω) όταν είναι επιβεβλημένη η εισαγωγή ψηφιακών αρχείων σε ένα προκαθορισμένο format ή/και όταν είναι απαραίτητα άλλα βοηθητικά formats των αρχείων (π.χ. για τη χρήση τους για πλοήγηση στο Διαδίκτυο – browse formats).
3. *Υπηρεσία εξαγωγής (export service)* : λειτουργεί με παρεμφερή τρόπο με την υπηρεσία εισαγωγής. Εκτελεί τη διαδικασία εξαγωγής ψηφιακών αρχείων απο το DAMS πρός κάποιο άλλο εξωτερικό πληροφοριακό σύστημα, όπως εφαρμογή ή αρχειακή αποθήκη. Κάνει εξαγωγές τόσο απλών ψηφιακών αρχείων όσο και μαζικές εξαγωγές (batch exports). Ενεργοποιεί την υπηρεσία μετατροπής format (βλέπε παρακάτω) όταν είναι επιβεβλημένη η εξαγωγή των αρχείων σε κάποιο προκαθορισμένο format. Προφανώς, συνεργάζεται άμεσα με την υπηρεσία διαχείρισης ροών εργασιών αφού η εξαγωγή ψηφιακών αρχείων προϋποθέτει την εκτέλεση διαφόρων ενεργειών που σχετίζονται με ροές, όπως ανάκτηση και εξαγωγή μεταδεδομένων, ενημέρωση χρηστών ή/και υπηρεσιών για την εξαγωγή, κτλ.
4. *Υπηρεσία αναπαραγωγής (playout service)* : χρησιμοποιείται για την αναπαραγωγή οπτικο-ακουστικών σημάτων, π.χ. περιεχομένου βίντεο. Η υπηρεσία ενεργοποιεί κατάλληλους αποκωδικοποιητές (decoders) του DAMS για την αποκωδικοποίηση κωδικοποιημένων σημάτων, όπως αυτά έχουν προκύψει από τη διαδικασία της απορρόφησης (ή εισαγωγής) και

έχουν αποθηκευτεί σε ψηφιακά αρχεία. Επιπλέον, μπορεί να συνδέεται με εξυπηρετητές αρχείων (π.χ. video servers) για την προσκόμιση των αντίστοιχων πρός αναπαραγωγή ψηφιακών αρχείων.

5. *Υπηρεσία αλλαγής και σύνταξης ψηφιακού περιεχομένου (editing service)* : χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου το ψηφιακό περιεχόμενο που έχει απορροφηθεί ή εισαχθεί εμπεριέχει περισσότερους του ενός τύπους μέσων (κείμενο, εικόνες, ήχος, βίντεο, οπτικο-ακουστικό υλικό, animation). Στις περιπτώσεις αυτές, η υπηρεσία διαχωρίζει (αποσυναρμολογεί) τα επιμέρους κομμάτια ενός πολυμεσικού αρχείου. Για παράδειγμα από ένα ψηφιακό αρχείο κειμένου και ήχου (π.χ. multimedia αφήγηση) η υπηρεσία μπορεί να παράγει δύο νέα αρχεία, ένα που περιέχει το κείμενο και ένα άλλο που περιέχει τον ήχο. Η αποσυναρμολόγηση γίνεται εφαρμόζοντας λειτουργίες όπως αποκοπή (cutting), αφαίρεση υπολειμμάτων (trimming), πολυπλεξία και απο-πολυπλεξία ((de)-multiplexing), κτλ. Επιπλέον, η υπηρεσία μπορεί να συνεργαστεί με εξυπηρετητές αρχείων, όπως video ή streaming servers, για τη συναρμολόγηση πολλαπλών ψηφιακών αρχείων ενός τύπου μέσων (π.χ. πολλαπλά αρχεία βίντεο ή αρχεία βίντεο και ήχου) με τελικό στόχο την παραγωγή νέων ψηφιακών αρχείων που περιέχουν πολλαπλούς τύπους μέσων (π.χ. οπτικο-ακουστικό υλικό, κινηματογραφικές ταινίες, κτλ.).

   Ένα σημαντικό σημείο στην περίπτωση τόσο της συγκόλλησης όσο και της αποσυγκόλλησης ψηφιακών αρχείων είναι η υποστήριξη των formats κωδικοποίησης των αρχείων καθώς και η διασφάλιση της ακρίβειας των χρονοσημάνσεων (timecodes) και των εικόνων-πλαισίων (frames) κατά την παραγωγή νέων ψηφιακών αρχείων. Για παράδειγμα, για την τμηματοποίηση (segmentation) ενός αρχείου βίντεο, η υπηρεσία θα πρέπει, καταρχήν, να μπορεί να διαχειριστεί το format στο οποίο αυτό έχει κωδικοποιηθεί (π.χ. MPEG-1, -2, κτλ) και, στη συνέχεια, να μπορεί να δημιουργεί segments τα οποία ξεκινούν με I-frames, μιας και δεν είναι εφικτή η διάσπαση του βίντεο σε κάθε εσωτερικό του frame (στην περίπτωση της inter-frame κωδικοποίησής του), παρά μόνο σε I-frames.

6. *Υπηρεσία μετατροπής formats (conversion service)* : παρέχει δυνατότητες μετατροπής του format των ψηφιακών αρχείων σε άλλα formats (διαδικασία transcoding). Προφανώς, υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός formats κωδικοποίησης που χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε πολυ-μεσικό περιεχόμενο και μπορεί να συμπεριλαμβάνει από αρκετά δημοφιλή (όπως τα MPEG ή DV-based formats) μέχρι και εξειδικευμένα formats που αποτελούν προϊόντα κάποιου οργανισμού. Η υπηρεσία χρησιμοποιείται για την ευέλικτη μετατροπή των formats κωδικοποίησης των ψηφιακών αρχείων ενός DAMS, διαδικασία που μπορεί να είναι αρκετά συχνή ανάλογα με τις λειτουργικές απαιτήσεις και τις ανάγκες των χρηστών. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η εκτέλεση διεργασιών επανακωδικοποίησης των αρχείων κάθε φορά που αυτό είναι απαραίτητο.

   Είναι δεδομένο ότι η υπηρεσία δεν μπορεί να καλύψει όλες τις πιθανές περιπτώσεις κωδικοποίησης και γι᾽αυτό θα πρέπει η υλοποίησή της να συμπεριλαμβάνει και την εύκολη ολοκλήρωσή της με άλλες εξωτερικές

εφαρμογές και συστήματα κωδικοποίησης. Επιπλέον, μια σημαντικότατη περιοχή εφαρμογής της είναι η αυτόματη μετατροπή των formats των ψηφιακών αρχείων σε άλλα formats που ορίζουν διαφορετική ποιότητά τους (π.χ. η μετατροπή βίντεο από MPEG-2 σε DV-based, η μετατροπή ήχου από γραμμικό σήμα σε MPEG-1/2 Layer 2, η μετατροπή υψηλής ποιότητας υλικού σε μικρής ποιότητας για πλοήγηση, κτλ.).

7. *Υπηρεσία ανάλυσης περιεχομένου (analysis service)* : παρέχει προχωρημένα εργαλεία επεξεργασίας ψηφιακών αρχείων μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η περαιτέρω ανάλυσή τους και η εξαγωγή χρήσιμων μεταδεδομένων που αφορούν τη δομή του περιεχομένου τους καθώς και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Με την έννοια αυτή μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη σε χρήστες του συστήματος που ασχολούνται με την τεκμηρίωση του περιεχομένου (προσθήκη μεταδεδομένων), την καταλογογράφηση και δεικτοδότησή του, την καταγραφή σημαντικών χαρακτηριστικών του, κτλ. Μπορεί να διαχωριστεί σε υπο-υπηρεσίες, όπως :
   - *Υπηρεσία ανάλυσης βίντεο* : χρησιμοποιείται για την ανίχνευση συγκεκριμένων σκηνών εντός ενός βίντεο (shot detection) καθώς και για την εξαγωγή keyframes (σημείων εκκίνησης και τερματισμού κινούμενων εικόνων). Η επιλογή των keyframes γίνεται όταν παρατηρείται κάποια σημαντική αλλαγή στο περιεχόμενο των εικόνων που στοιχειοθετούν τη βιντεο-ακολουθία και μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως η χρονική θέση (temporal location), η όσο το δυνατόν πιστότερη αναπαράσταση των σκηνών, κτλ. Πιο προχωρημένες πληροφορίες που μπορεί να προσφέρει η υπηρεσία είναι η κίνηση της κάμερας (pan, zoom, tilt) και η συσταδοποίηση σκηνών (shot clustering). Η τελευταία αναφέρεται στην ομαδοποίηση σκηνών που έχουν παρεμφερή χαρακτηριστικά ή που φαίνονται ίδιες, όπως για παράδειγμα οι σκηνές διαλόγων (π.χ. εικόνες με υπότιτλους), σκηνές στις οποίες συμμετέχουν άνθρωποι, κτλ.
   - *Υπηρεσία ανάλυσης ήχου* : χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και ταξινόμηση συγκεκριμένων κομματιών ήχου από αρχεία ήχου. Τέτοια κομμάτια μπορεί να αφορούν μουσική, διαλόγους ή άλλους ήχους εντός του αρχείου ήχου. Επιπλέον, παρέχει δυνατότητες αναγνώρισης φωνής (speech recognition) ή αναγνώριση ομιλητών (speaker recognition).
   - *Άλλες υπηρεσίες ανάλυσης* : μπορεί να περιλαμβάνουν την αυτόματη ανάλυση και ανάκτηση χαρακτήρων από κείμενο, π.χ. μέσω διαδικασιών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (Optical Character Recognition – OCR), προσώπων από βίντεο ή εικόνες (face recognition), κτλ.
8. *Υπηρεσία υδατοσήμανσης (watermarking service)* : διαχειρίζεται ζητήματα που αφορούν την πιστοποίηση ψηφιακών αρχείων και άλλων θεμάτων ασφάλειας που αφορούν την εμπορική (ή μη) αξιοποίησή τους, μέσω της εφαρμογής τεχνικών υδατοσήμανσης. Υπάρχουν 2 βασικές προσεγγίσεις για τη διαδικασία υδατοσήμανσης. Η 1η αφορά την προσθήκη ορατών

υδατόσημων ή υδατόσημων που μπορούν να ακουστούν (π.χ. σε αρχεία ήχου). Στην περίπτωση αυτή ξεκαθαρίζεται το ιδιοκτησιακό καθεστώς των αρχείων και περιορίζεται η πιθανότητα παράνομης ή μη πιστοποιημένης αξιοποίησής τους. Η 2η αφορά την προσθήκη αόρατων υδατόσημων ή υδατόσημων που δεν μπορούν να ακουστούν ή, γενικότερα, να ανιχνευθούν από τον ανθρώπινο παράγοντα. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατή η εύρεση της ιδιοκτησίας ενός αρχείου που αξιοποιήθηκε παράνομα.

Και στις 2 περιπτώσεις, η υπηρεσία θα πρέπει να μεριμνά για τη διατήρηση των υδατόσημων πάνω στα υδατοσημασμένα αρχεία, αφού είναι πιθανή η αλλοίωσή τους κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των αρχείων εντός του DAMS. Τέλος, η υπηρεσία μπορεί να παρέχει και την παρεμφερή τεχνολογία των ηλεκτρονικών δακτυλικών αποτυπωμάτων (digital fingerprinting). Η τεχνολογία αυτή αφορά την εισαγωγή στοιχείων που χαρακτηρίζουν μοναδικά μια οντότητα του DAMS (π.χ. credentials χρήστη, όνομα εφαρμογής, IP εξυπηρετητή, κτλ.) με τη μορφή υδατόσημων στα ψηφιακά αρχεία.

9. *Υπηρεσία διαχείρισης παραγγελιών (order management service)* : κατά την αξιοποίηση του ψηφιακού περιεχομένου που διαχειρίζεται ένα DAMS ένας μεγάλος αριθμός απλών ή προχωρημένων χρηστών επιζητά, πέρα από την πρόσβαση, και την πιθανή απόκτηση του περιεχομένου. Κάτι τέτοιο είναι, σήμερα, κοινός τόπος για μεγάλους οργανισμούς ειδικά με την επέκταση των DAMS υπηρεσιών τους στο Διαδίκτυο και την υλοποίηση του οράματος της απόκτησης οποιουδήποτε διαθέσιμου ψηφιακού αρχείου οποιαδήποτε στιγμή και από οποιοδήποτε σημείο.

Η υπηρεσία παραγγελιών αναλαμβάνει τη συλλογή των παραγγελιών που υποβάλλουν οι χρήστες για ψηφιακά αρχεία ή αντικείμενα και τις δρομολογεί ανάλογα πρός τους διαχειριστές των αρχειακών αποθηκών (archive/repository managers) του συστήματος. Οι διαχειριστές βρίσκουν τα κατάλληλα αρχεία και παραδίδουν τον έλεγχο στην υπηρεσία παραγγελιών η οποία, στη συνέχεια, αναλαμβάνει να διαχειριστεί τη διανομή τους στις κατάλληλες τοποθεσίες (ή χρήστες) ξεκινώντας μια διαδικασία παραγωγής αντιγράφων των αυθεντικών αρχείων. Πρίν τη διανομή, η υπηρεσία είναι υπεύθυνη για την όποια κοστολόγηση των αντιγράφων καθώς και τη διασφάλιση της άδειας χρήσης (licensing) και των δικαιωμάτων των ιδιοκτητών τους (copyrights).

10. *Υπηρεσία ανάκτησης περιεχομένου μέσω του Διαδικτύου (web retrieval service)* : παρέχει διαδικτυακή πρόσβαση στο ψηφιακό περιεχόμενο του DAMS. Ενεργοποιεί διαδικτυακά γραφικά περιβάλλοντα χρήστη (GUIs) τα οποία εκτελούνται μέσω των προγραμμάτων φυλλομετρητή (Internet Explorer, Mozilla Firefox, κτλ.) των χρηστών. Ένα τυπικό παράδειγμα GUI που μπορεί να παρέχει η υπηρεσία είναι μια διεπαφή μέσω της οποίας οι χρήστες υποβάλλουν απλές ή προχωρημένες επερωτήσεις (queries) πρός το σύστημα και βλέπουν τα ανακτιθέντα αποτελέσματα τα οποία μπορεί να είναι μεταδεδομένα, ψηφιακά αρχεία, keyframes αρχείων με τη μορφή thumbnails, κτλ.

Ένα άλλο παράδειγμα GUI είναι διεπαφές προεπισκόπησης ή «κατεβάσματος» (με την τήρηση των αντίστοιχων αδειών φυσικά) του περιεχομένου με τη μορφή ροών δεδομένων (streaming media) ή ψηφιακών αρχείων. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να προσφέρεται πρόσβαση σε ψηφιακά αρχεία διάφορων ποιοτήτων (π.χ. χαμηλής ή υψηλής ανάλυσης). Συμπερασματικά, η υπηρεσία παρέχει τη δυνατότητα δημόσιας πρόσβασης στο ψηφιακό περιεχόμενο του DAMS και άρα δίνει την προοπτική της διαφήμισής του και της εμπορικής (ή άλλης) αξιοποίησής του (π.χ. μέσω e-commerce).

5.2 DAMS εφαρμογές

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζουμε μερικές χρήσιμες και συχνά χρησιμοποιούμενες εφαρμογές (και τη λειτουργικότητά τους) που προσφέρουν DAMS που λειτουργούν σε μεγάλα επιχειρησιακά και δικτυακά περιβάλλοντα. Προφανώς δύο ή και περισσότερες από τις παρακάτω εφαρμογές μπορεί να παρέχονται σε ένα ενιαίο γραφικό περιβάλλον. Ωστόσο, περιγράφουμε την κάθε μια εφαρμογή ξεχωριστά για να καταδείξουμε την ιδιαίτερη λειτουργικότητά της. Επιπλέον, δίνουμε και μερικές βασικές αρχές σχεδιασμού DAMS εφαρμογών.

5.2.1 Αρχές σχεδιασμού εφαρμογών

Όπως ειπώθηκε και στην αρχή του Κεφαλαίου 5, οι DAMS εφαρμογές αποτελούν το μοναδικό ορατό κομμάτι που προσφέρει το σύστημα πρός τους χρήστες του. Οι εφαρμογές είναι αυτές που υλοποιούν το σύνολο των DAMS υπηρεσιών και προσδίδουν τη λειτουργικότητά τους στα χέρια των χρηστών. Με την έννοια αυτή, ένας κρίσιμος παράγοντας σχεδιασμού των εφαρμογών είναι η υποστήριξη των διαφόρων απαιτήσεων των χρηστών καθώς και των ροών εργασίας που σχετίζονται με τη βέλτιστη διαχείριση του ψηφιακού περιεχομένου.

Σε γενικές γραμμές, οι χρήστες μπορούν να βοηθήσουν, μέχρι ενός σημείου, στη σκιαγράφηση της λειτουργικότητας και στην εργονομική σχεδίαση μιας εφαρμογής. Η εργονομική σχεδίαση (application ergonomics) καθορίζει το πόσο εύκολα, ευέλικτα και αξιόπιστα αλληλεπιδρούν οι χρήστες με το σύστημα. Για το λόγο αυτό παίζει σοβαρό ρόλο στην αποδοχή των εφαρμογών – και άρα όλου του συστήματος – από τους χρήστες καθώς και στην καλλιέργεια της εμπιστοσύνης τους πρός αυτό. Ωστόσο, οι χρήστες είναι συνήθως αρκετά γενικοί και αφαιρετικοί στην έκφραση των απαιτήσεών τους και, σε πολλές περιπτώσεις, δεν έχουν άμεση άποψη για το ποιές είναι ακριβώς οι πραγματικές ανάγκες που επιζητούν να καλύψουν από μια εφαρμογή. Για το λόγο αυτό, η εμπλοκή των χρηστών στο σχεδιασμό των DAMS εφαρμογών θα πρέπει να συνοδεύεται από την παραγωγή διαφόρων πρωτοτύπων των εφαρμογών (application prototypes) τα οποία μπορούν, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθούν ως ερωτηματολογία για την εξαγωγή πιο συγκεκριμένων απαιτήσεων των χρηστών.

Ακριβώς επειδή ένα DAMS σύστημα δεν μπορεί να καλύψει το σύνολο των απαιτήσεων των χρηστών του, είναι προφανές ότι ενδέχεται να απαιτηθεί η ολοκλήρωσή του μέσα σε ευρύτερες πλατφόρμες πληροφοριακών συστημάτων με τις όποιες προσαρμογές ή επιδιορθώσεις απαιτηθούν γι' αυτό. Με την έννοια αυτή, μια εφαρμογή ως ολότητα ή ένα μέρος της ή μια διαφορετική της όψη (π.χ. διακριτή διεπαφή), ενδέχεται να αποτελέσει κομμάτι ενός άλλου συστήματος. Για την κάλυψη τέτοιων περιπτώσεων θα πρέπει να υιοθετείται κατά το σχεδιασμό των εφαρμογών η αρχή της τμηματοποίησης (Κεφάλαιο 3, Παράγραφος 1). Σκοπός της είναι όχι η ανάπτυξη ενός μονολιθικού συνόλου εφαρμογών που δεν επιδέχονται αλλαγές, αλλά εφαρμογών που βασίζονται πάνω σε επιμέρους τμήματα (application modules) τα οποία είναι ολοκληρώσιμα και εύκολα παραμετροποιήσιμα.

Ειδικά με την εμφάνιση και την εξάπλωση του Διαδικτύου, μια μεγάλη γκάμα DAMS εφαρμογών μπορούν υλοποιηθούν ως διαδικτυακές εφαρμογές (web applications) έτσι ώστε να εκτελούνται μέσω προγραμμάτων φυλλομετρητή (web browsers) σε οποιδήποτε σημείο του κόσμου οποιαδήποτε στιγμή. Οι διαδικτυακές εφαρμογές χτίζονται μέσω τυποποιημένων scripting γλωσσών και τεχνολογιών προγραμματισμού οι οποίες οργανώνουν των κώδικά τους σε λογικά κομμάτια, υλοποιώντας έτσι την αρχή της τμηματοποίησης. Παραδείγματα τέτοιων τεχνολογιών είναι η CORBA, τα ActiveX και τα JavaBeans. Ένας πανίσχυρος τρόπος δημιουργίας επαναχρησιμοποιήσιμων τμημάτων εφαρμογών είναι μέσω web τεχνολογιών, όπως οι HTML, DHMTL, PHP, Javascript, AJAX, XML – XSLT, Python, Ruby, κτλ., καθώς και μέσω web services που υλοποιούνται με τη βοήθεια πρωτοκόλλων όπως τα Simple Object Access Protocol (SOAP) και Media Object Server (MOS).

Παρακάτω συνοψίζουμε τις βασικές απαιτήσεις που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά το σχεδιασμό των DAMS εφαρμογών. Διαχωρίζουμε τις απαιτήσεις ανάλογα με την περιοχή από την οποία προέρχονται :

- *Τεχνικές απαιτήσεις (functional requirements)* : αφορούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά (feature sets/characteristics) των εφαρμογών και εξάγονται από υπάρχουσες ή δυναμικά παραγώμενες ροές εργασιών οι οποίες διέπουν το σύνολο της λειτουργίας του συστήματος. Καθορίζουν το *είδος* της λειτουργικότητας που θα πρέπει να προσφέρουν οι εφαρμογές και όχι τον τρόπο με τον οποίο αυτή η λειτουργικότητα προσφέρεται στους χρήστες. Για το λόγο αυτό, οι τεχνικές απαιτήσεις ορίζονται με σχετικά σταθερό τρόπο και δεν μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του συστήματος.
- *Λειτουργικές απαιτήσεις (operational requirements)* : περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες μεταχειρίζονται και χρησιμοποιούν τις εφαρμογές. Αφορούν τη δυναμική αναπαράσταση της λειτουργικότητας (τρόπου λειτουργίας) των εφαρμογών. Μπορεί να διαφέρουν από οργανισμό σε οργανισμό και για το λόγο αυτό θα πρέπει να είναι εύκολα

προσαρμόσιμες και παραμετροποιήσιμες. Μπορούν να χωριστούν περαιτέρω σε :

- *απαιτήσεις αλληλεπίδραση χρηστών – εφαρμογών* : περιγράφουν τις ιδιαίτερες κινήσεις και τα βήματα στα οποία προβαίνουν οι χρήστες προκειμένου να ολοκληρώσουν τις εργασίες που προσφέρονται από μια εφαρμογή όσο το δυνατόν πιο ευέλικτα και έξυπνα. Η αλληλεπίδραση επικαθορίζει και τις επιμέρους απαιτήσεις ενός εργονομικού σχεδιασμού. Αντιπρόσωποι των χρηστών θα πρέπει να συμμετέχουν στον καθορισμό της αλληλεπίδρασης από ένα πολύ πρώιμο στάδιο του καθορισμού των λειτουργικών απαιτήσεων.
- *απαιτήσεις υποστήριξης εφαρμογών* : περιγράφει όλους εκείνους τους τρόπους που σχετίζονται με θέματα εγκαταστάσεων, ενημερώσεων, υποστήριξης και συντήρησης εφαρμογών εντός μεγάλων περιβαλλόντων διαχείρισης ψηφιακών αντικειμένων.

- *Απαιτήσεις συστήματος (system requirements)* : εξάγονται από το σύνολο των υποσυστημάτων και των υποδομών οι οποίες θα υποστηρίξουν και θα εκτελέσουν τις εφαρμογές. Εισάγουν τις εξής απαιτήσεις : 1) σε πολλές περιπτώσεις ενδέχεται να είναι απαραίτητος ο καθορισμός εξειδικευμένων διεπαφών για τον αποδοτικό έλεγχο των επιμέρους υποσυστημάτων. Κάτι τέτοιο μπορεί να επηρεάσει τις ίδιες τις διεπαφές των εφαρμογών. 2) μια συγκεκριμένη παραμετροποίηση ενός ή περισσοτέρων υποσυστημάτων μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο εγκατάστασης, εκτέλεσης και λειτουργίας μιας εφαρμογής. 3) μπορεί να απαιτηθεί η ολοκλήρωση ενός ή περισσοτέρων υποσυστημάτων (ή ολόκληρου του DAMS) με άλλα εξωτερικά συστήματα. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι μια εφαρμογή πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμοστεί σε μια νέα κατάσταση ολοκλήρωσης εντός ενός άλλου συστήματος.

5.2.2 Διαχειριστικές εφαρμογές

1. *Εφαρμογή διαχείρισης χρηστών (user management application)* : παρέχει τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας διαχείρισης χρηστών (Παράγραφος 5.1.2) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της εισαγωγής/τροποποίησης/διαγραφής χρηστών, ομάδων χρηστών, δικαιωμάτων, ρόλων (ομάδων δικαιωμάτων) και προνομίων πάνω στις εφαρμογές και τα ψηφιακά αντικείμενα του DAMS.

Η διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση χρήστη.
- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση ομάδας χρηστών.
- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση δικαιωμάτων (π.χ. προεπισκόπηση, ανάγνωση, πρόσβαση,

αναπαραγωγή, εγγραφή, διόρθωση, τροποποίηση, δημιουργία, αντιγραφή, διαγραφή, αλλαγή ιδιοκτήτη, κτλ.).

- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση ομάδων δικαιωμάτων για τη συγκρότηση ρόλων (ή προνομίων). Παραδείγματα ρόλων είναι ο διαχειριστής, ο ψηφιοποιητής, ο τεκμηριωτής, ο καταλογογράφος, ο βοηθός τροφοδοσίας, ο απλός χρήστης, κτλ.
- ανάθεση/αφαίρεση χρήστη σε/από ομάδα χρηστών.
- ανάθεση/αφαίρεση ομάδας χρηστών σε/από χρήστη.
- ανάθεση/αφαίρεση ομάδας χρηστών σε/από ομάδα χρηστών.
- ανάθεση/αφαίρεση δικαιώματος σε/από ρόλο.
- ανάθεση/αφαίρεση δικαιώματος σε/από χρήστη ή ομάδα χρηστών.
- ανάθεση/αφαίρεση ρόλου σε/από χρήστη ή ομάδα χρηστών.
- προεπισκόπηση λιστών των υπαρχόντων χρηστών, ομάδων χρηστών, δικαιωμάτων, ρόλων.
- ανάθεση/αφαίρεση πρόσβασης σε εφαρμογή (ή κομμάτι της λειτουργικότητας μιας εφαρμογής) σε/από χρήστη ή ομάδα χρηστών (αν δεν υπάρχει η δυνατότητα ορισμού αντίστοιχου δικαιώματος).
- ανάθεση/αφαίρεση πρόσβασης (read/write/execute access rights) σε ψηφιακό αντικείμενο (asset) σε/από χρήστη ή ομάδα χρηστών (αν δεν έχει οριστεί αντίστοιχο δικαίωμα).

2. *Εφαρμογή διαχείρισης ροών εργασιών (workflow management application)* : παρέχει τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας διαχείρισης ροών εργασιών (Παράγραφος 5.1.1) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της εισαγωγής/τροποποίησης/διαγραφής ροών εργασιών, της διάσπασής τους σε επιμέρους βήματα, την εμπλοκή χρηστών και ψηφιακού περιεχομένου σ' αυτές και, τέλος, τον καθορισμό κατάλληλων δεικτών του βαθμού διεκπεραίωσης των εργασιών (flags).

Η διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση ροής εργασίας.
- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση βήματος μέσα σε μια ροή εργασίας.
- προεπισκόπηση λιστών των υπαρχόντων ροών εργασίας και των βημάτων τους.
- ανάθεση/αφαίρεση χρήστη ή ομάδας χρηστών σε/από ροή εργασίας ή βήμα ροής εργασίας.
- ανάθεση/αφαίρεση ψηφιακού αντικειμένου ή λίστας ψηφιακών αντικειμένων σε/από ροή εργασίας ή βήμα ροής εργασίας.
- ανάθεση/αφαίρεση διεργασίας (job or processe) ή λίστας διεργασιών του DAMS σε/από ροή εργασίας ή βήμα ροής εργασίας. Έτσι επιτυγχάνεται η διάσπαση πολύπλοκων διεργασιών σε άλλες απλούστερες.
- ανάθεση/αφαίρεση δείκτη τρέχουσας κατάστασης (status flag) σε χρήστη, ομάδα χρηστών, ψηφιακό αντικείμενο και διεργασία.

- αντιστοίχηση ψηφιακών αντικειμένων σε χρήστες/ομάδες χρηστών/διεργασίες εντός μιας ροής εργασίας ή επιμέρους βήματός της.
- έγκριση/αναστολή της προώθησης ψηφιακού αντικειμένου / χρήστη / ομάδας χρηστών / διεργασίας στο επόμενο βήμα μιας ροής εργασίας (μέσω κατάλληλης χρήσης των δεικτών κατάστασης).
- παρακολούθηση της τρέχουσας κατάστασης (προόδου) ψηφιακού αντικειμένου / χρήστη / ομάδας χρηστών / διεργασίας σε ροή εργασίας.

3. *Εφαρμογή διαχείρισης προτύπων μεταδεδομένων (metadata scheme management application)* : παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της εισαγωγής/τροποποίησης/διαγραφής user-defined προτύπων μεταδεδομένων ή επιλογής και, έπειτα, τροποποίησης γνωστών προτύπων μεταδεδομένων (όπως Dublin Core, MARC, κτλ). Για το DAMS, ένα πρότυπο μεταδεδομένων μπορεί να θεωρηθεί ως μια δομή δεδομένων (data structure) η οποία αποτελεί μια συλλογή πεδίων μεταδεδομένων. Σε κάθε πεδίο τίθεται η τιμή κάθε μεταδεδομένου και ολόκληρη η συλλογή αποτελεί το σύνολο των μεταδεδομένων ενός ψηφιακού αρχείου ή αντικειμένου και αποθηκεύεται στο σύστημα. Με όρους τεχνολογιών Διαδικτύου, μια συλλογή πεδίων μπορεί να υλοποιηθεί μέσω web φορμών με πεδία όπως textfields, list boxes, combo boxes, check boxes, radio buttons, drop down menus, κτλ.

Η διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση προτύπου μεταδεδομένων ως φόρμας (web form or template) πεδίων μεταδεδομένων.
- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση πεδίου μεταδεδομένων (ή ομάδας πεδίων) εντός ενός προτύπου.
- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση των ιδιοτήτων ενός πεδίου μεταδεδομένων. Τυπικές ιδιότητες μπορεί να είναι :
  - τύπος πεδίου (textfield, list box, combo box, check box, radio button, drop down menu, textarea, κτλ.).
  - κατηγορία πεδίου (περιγραφικό, δομικό, διαχειριστικό).
  - περιεχόμενο που δέχεται το πεδίο (integer, real, double, bigint, float, decimal, date/time, numeric, string, money, char, varchar, κτλ.).
  - αρχική τιμή που δέχεται το πεδίο (default value, π.χ. ένας προκαθορισμένος αριθμός ή αλφαριθμητικό, μια default επιλογή από λίστα, κτλ.).
  - μέγεθος πεδίου (πλήθος των στοιχείων που δέχεται).
  - πεδίο τιμών του πεδίου (π.χ. ελάχιστος – μέγιστος αριθμός που δέχεται ή τιμές που δεν δέχεται, κτλ.).
  - δημιουργία κανόνα για το πεδίο (π.χ. μαθηματική φόρμουλα για τον αυτόματο υπολογισμό των τιμών που δέχεται).

- υποχρεωτικό πεδίο (αν είναι υποχρεωτική ή όχι η εισαγωγή στοιχείων στο πεδίο – null/not null).
- αυτόματη αύξηση των τιμών που δέχεται το πεδίο (auto increment).
- ορθογραφικός έλεγχος των στοιχείων εισαγωγής του πεδίου.

- δημιουργία, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση ομάδων προτύπων μεταδεδομένων (μέσω της μορφής βιβλιοθήκης των αντίστοιχων δομών). Έτσι είναι εύκολη η υλοποίηση γνωστών προτύπων μεταδεδομένων και η μετέπειτα παραμετροποίησή τους ή η χρήση τους απευθείας σε νέα user-defined πρότυπα (π.χ. μέσω αντιγραφής και ενσωμάτωσης προτύπων ή ομάδων των πεδίων μεταδεδομένων τους).

4. *Εφαρμογή διαχείρισης συστήματος (system administration application)* : παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης πολλαπλών λειτουργιών που αφορούν τις υπηρεσίες και τα επιμέρους υποσυστήματα του DAMS (όπως βάσεις δεδομένων, συστήματα αποθήκευσης, εξυπηρετητές εφαρμογών, κτλ.).

Πιο συγκεκριμένα, η διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

- παρακολούθηση της συνολικής κατάστασης του συστήματος και της υγείας του (overall health). Η υγεία τόσο για ολόκληρο το σύστημα όσο και για τα επιμέρους υποσυστήματα που το απαρτίζουν (εξυπηρετητές, συσκευές, δικτυακές υποδομές, κτλ.) μπορεί να παρέχεται μέσω γραφικών φαναριών κυκλοφορίας (traffic lights). Στην περίπτωση αυτή, πράσινο φανάρι υποδεικνύει μια υγιή κατάσταση, πορτοκαλί μια κατάσταση συμφόρησης και κόκκινο μια δυσμενή κατάσταση ή κατάσταση κινδύνου. Επιπλέον παρέχονται και γραφικές δενδρικές δομές μέσω των οποίων οι διαχειριστές του συστήματος παρακολουθούν τις πιθανές εξαρτήσεις των επιμέρους υποσυστημάτων καθώς και τα ιδιαίτερα τεχνικά ή λειτουργικά τους χαρακτηριστικά.
- παρακολούθηση κάθε DAMS υπηρεσίας και των πιθανών στιγμιοτύπων της (instances), της κατάστασής της, του εξυπηρετητή (ών) στους οποίους εκτελείται (ή εκτελούνται τα instances), τους πόρους που δεσμεύει ή προσφέρει στο σύστημα, κτλ. Η παρακολούθηση μπορεί να περιλαμβάνει :
  - άμεση πρόσβαση στην υπηρεσία (π.χ. μέσω ενός ping interface).
  - πρόσβαση σε δέντρα εξάρτησης (dependence trees) τα οποία δείχνουν τις εξαρτήσεις μιας υπηρεσίας από άλλη ή άλλες.
  - πρόσβαση σε αρχεία καταγραφών (log files) τα οποία δημιουργούν οι υπηρεσίες κατά τη διάρκεια εκτέλεσής τους για την καταγραφή διαφόρων κρίσιμων γεγονότων.
  - πρόσβαση σε εσωτερικές διαδικασίες αυτο-ελέγχου (self-test procedures) μιας υπηρεσίας.
- δυναμική εκκίνηση, τερματισμός, επανεκκίνηση υπηρεσιών. Οι ενέργειες αυτές μπορούν να γίνουν στο επίπεδο των υπηρεσιών ενός εξυπηρετητή, μιας ομάδας εξυπηρετητών ή ολόκληρου του συστήματος.

- ενεργοποίηση/απενεργοποίηση εφαρμογών που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες του DAMS. Η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση μπορεί να αφορά το γραφικό περιβάλλον μιας εφαρμογής ή μέρος του. Επιπλέον, μπορούν να εισαχθούν και, στη συνέχεια, να ενεργοποιηθούν περισσότερα του ενός γραφικά περιβάλλοντα που αντιστοιχούν σε μια εφαρμογή.
- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή των στοιχείων των επιμέρους υποσυστημάτων, συσκευών και εξυπηρετητών του DAMS. Τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι : όνομα, περιγραφή, IP, πόροι που προσφέρει ή απαιτεί, πόσες διεπαφές διαχείρισης απαιτεί ή διαθέτει, πόσες και ποιές υπηρεσίες μπορεί να εκτελέσει, χαρακτηριστικά δικτυακής διασύνδεσης (π.χ. πόσες πόρτες, ποιά δικτυακά πρωτόκολλα υποστηρίζει, σύνολο ταυτόχρονων αιτήσεων/αποκρίσεων), σε ποιό επίπεδο της πολυ-επίπεδης DAMS αρχιτεκτονικής τοποθετείται, τί απαιτήσεις και ποιές λειτουργίες πρόκειται να καλύψει, τεχνικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες που προσφέρει (π.χ. formats που υποστηρίζει, αποθηκευτική ικανότητα), κτλ.
- έναρξη/τερματισμός διαδικασιών απομακρυσμένης εγκατάστασης ή/και απεγκατάστασης λογισμικού (DAMS υπηρεσίες, εφαρμογές και υποσυστήματα) που εκτελείται σε εξυπηρετητές και συσκευές καθώς και διεπαφών λογισμικού (software interfaces) μεταξύ υποσυστημάτων, εξυπηρετητών, συσκευών, δικτυακών μονάδων, κτλ. Δυνατότητα χρονοπρογραμματισμού των εγκαταστάσεων/απεγκαταστάσεων.
- έναρξη/τερματισμός εγκατάστασης αυτόματων ενημερώσεων (updates) λογισμικού όπου είναι απαραίτητο. Επιπλέον, είναι δυνατός ο χρονοπρογραμματισμός των ενημερώσεων.
- διαχείριση βάσεων δεδομένων και DBMS. Ενδεικτικά μπορεί να παρέχονται :
  - δημιουργία, τροποποίηση, διαγραφή σχημάτων βάσεων, διαγραμμάτων οντοτήτων – συσχετίσεων (Entity – Relationship Diagrams – ERD), πινάκων, πρωτευόντων/ξένων/μοναδικών κλειδιών, συνενώσεων (joins), όψεων (views), κανόνων (rules), σκανδαλιστών (triggers), συναλλαγών (transactions), stored procedures, aggregate functions, concurrency control, κτλ.
  - δημιουργία, τροποποίηση, διαγραφή, αποθήκευση και εκτέλεση επερωτήσεων (queries) και scripts επερωτήσεων σε βάσεις.
  - δημιουργία, τροποποίηση, διαγραφή χρηστών, ρόλων και δικαιωμάτων χρηστών σε βάσεις.
  - δημιουργία, τροποποίηση, διαγραφή και διαχείριση συστάδων βάσεων (database clusters), κατανεμημένων βάσεων (distributed databases), ομόσπονδων βάσεων (federated databases).
  - διαχείριση θεμάτων συγχρονισμού (synchronization), υψηλής διαθεσιμότητας (high availability) και αντιγραφής των δεδομένων (data replication) πολλαπλών βάσεων καθώς και εξισορρόπησης του φόρτου (load balancing) των εισερχόμενων αιτήσεων στο DBMS.

5. *Εφαρμογή ελέγχου συσκευών (device control application)* : αποτελεί ένα γραφικό περιβάλλον ολοκλήρωσης διεργασιών που αφορούν τον απομακρυσμένο έλεγχο συσκευών αναπαραγωγής των ψηφιακών αρχείων του συστήματος. Επιτρέπει την επιλογή συσκευών αναπαραγωγής, όπως VCRs, CD/DVD players, καθώς και των αντίστοιχων αποθηκευτικών μέσων τα οποία αυτές αναπαράγουν (data tapes, οπτικοί δίσκοι, κτλ.). Περαιτέρω, δίνει εντολές στις συσκευές να αναπαράγουν τα ψηφιακά αρχεία που βρίσκονται εντός των επιλεγμένων αποθηκευτικών μέσων. Δίνει τη δυνατότητα έναρξης/λήξης των λειτουργιών των συσκευών (start, stop, pause, fast forward/backward, insert and/or eject tape or CD/DVD, κτλ.).
6. *Εφαρμογή διαχείρισης πνευματικών δικαιωμάτων (IPR and copyright management application)* **:** παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης των πνευματικών δικαιωμάτων των ψηφιακών αντικειμένων του DAMS. Προφανώς, ένα ψηφιακό αντικείμενο μπορεί να αποτελεί συλλογή περισσοτέρων του ενός ψηφιακών αρχείων του συστήματος (υπό τη μορφή *πακέτου ψηφιακών αρχείων – media package*). Όπως ειπώθηκε και στο Κεφάλαιο 2, μια συλλογή ψηφιακών αρχείων αποκτά εμπορική αξία για το σύστημα όταν καθοριστούν πνευματικά δικαιώματα σ' αυτά. Η διαδικασία αυτή καταλήγει στη δημιουργία πολύτιμων ψηφιακών αντικειμένων (digital assets). Μια πολιτική που διασφαλίζει τα πνευματικά δικαιώματα και την ασφάλεια των ψηφιακών αντικειμένων είναι πρίν την οποιαδήποτε χρήση τους (π.χ. προεπισκόπηση και προβολή, «κατέβασμα», αναπαραγωγή, ευρεία διανομή, κτλ.) να γίνεται πρώτα η αντιγραφή τους. Τα αντίγραφα, τα οποία προφανώς φέρουν τα πνευματικά δικαιώματα των αυθεντικών αντικειμένων (πληρεξούσια – proxies), θα πρέπει να είναι αυτά που θα δωθούν πρός οποιαδήποτε μορφή κατανάλωσης στους χρήστες του DAMS.

   Η διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :
   - δημιουργία, τροποποίηση, διαγραφή πακέτων ψηφιακών αρχείων. Κατά τη δημιουργία του, ένα πακέτο αποκτά μοναδικό ID (το μοναδικό ID που αποκτά και το ψηφιακό αντικείμενο) και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (π.χ. από πόσα και ποιά αρχεία αποτελείται, αν υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ τους, ποιά είναι τα μεταδεδομένα τους, κτλ.).
   - επιλογή κάποιου γνωστού ή user-defined προτύπου μεταδεδομένων (αποθηκευμένου εντός του συστήματος) και εισαγωγή, τροποποίηση, διαγραφή διαχειριστικών μεταδεδομένων στο πακέτο. Τα μεταδεδομένα αυτά αφορούν το πακέτο ως ολότητα και δεν έχουν άμεση σχέση με τα μεταδεδομένα των αντίστοιχων ψηφιακών αρχείων που περιλαμβάνονται σ' αυτό. Μπορούν να αποτελέσουν τα ίδια τα πνευματικά δικαιώματα του πακέτου και των αρχείων που περιέχει (αν, βεβαίως, δεν έχουν καθοριστεί συγκεκριμένα πνευματικά δικαιώματα για κάθε ψηφιακό αρχείο του). Παραδείγματα τέτοιων μεταδεδομένων μπορεί να είναι : σε ποιόν ανήκει το πακέτο, ποίος είναι ο διαχειριστής

του πακέτου, το ιδιοκτησιακό καθεστώς – copyright του πακέτου, χρήστες ή ομάδες χρηστών που έχουν δικαίωμα πρόσβασης στο πακέτο, τί είδους πρόσβαση έχουν (π.χ. προεπισκόπηση, αναπαραγωγή ή «κατέβασμα» των αρχείων του πακέτου), κτλ.

- παραγωγή/διαγραφή πληρεξουσίου. Το πληρεξούσιο περιέχει : 1) τα αντίγραφα των ψηφιακών αρχείων του πακέτου, 2) τα μεταδεδομένα των αρχείων αυτών και 3) τα διαχειριστικά μεταδεδομένα του πακέτου. Για τα ψηφιακά αρχεία του πληρεξουσίου δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας αντιγράφων χαμηλότερης ποιότητας (μέσω της υπηρεσίας μετατροπής formats – Παράγραφος 5.1.3).
- εφαρμογή τεχνικών υδατοσήμανσης σε πληρεξούσια :
  - προσθήκη/αφαίρεση ορατού ή ακουστικού (hearable) υδατόσημου σε ένα ή περισσότερα ψηφιακά αρχεία του πληρεξουσίου.
  - προσθήκη/αφαίρεση μη ορατού ή μη ακουστικού (hearable) υδατόσημου σε ένα ή περισσότερα ψηφιακά αρχεία του πληρεξουσίου.
  - προσθήκη/αφαίρεση ηλεκτρονικού αποτυπώματος σε ένα ή περισσότερα ψηφιακά αρχεία του πληρεξουσίου με τη μορφή ορατού ή αόρατου υδατόσημου. Το αποτύπωμα μπορεί να περιλαμβάνει credentials χρήστη, IP εξυπηρετητή στον οποίο προορίζεται το αντίστοιχο ψηφιακό αντικείμενο, κτλ.
  - χρονοπρογραμματισμός της διαδικασίας περιοδικής ανανέωσης του υδατόσημου ενός ή περισσοτέρων ψηφιακών αρχείων του πληρεξουσίου (για εξάλειψη περιπτώσεων αλλοίωσής του).

7. *Εφαρμογή κοστολόγησης και αδειών χρήσης (cost management application)* : παρέχει τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας λογιστικής και αδειών χρήσης (Παράγραφος 5.1.2) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της καταγραφής της πρόσβασης των χρηστών σε οντότητες (υποσυστήματα, εφαρμογές, συσκευές) του DAMS, της χρέωσης των χρηστών αυτών και της διασφάλισης της νομιμότητας της χρέωσης με βάση τις αντίστοιχες άδειες χρήσης.

   Η διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

   - καταγραφή της πρόσβασης σε οντότητα. Η καταγραφή περιλαμβάνει :
     - το ή τα IDs των χρηστών (ή των ομάδων χρηστών) που προσπέλασαν την οντότητα.
     - την ημερομηνία και την ώρα που έγινε η πρόσβαση.
     - το χρονικό διάστημα που διήρκεσε η πρόσβαση.
     - το είδος της πρόσβασης (προεπισκόπηση και προβολή, ανάγνωση, εγγραφή, τροποποίηση, διαγραφή, αναπαραγωγή, κτλ.).
   - δημιουργία και αποθήκευση αναφοράς καταγραφής πρόσβασης για χρήστες και για οντότητες. Στην αναφορά αναγράφονται στατιστικά στοιχεία για το σύνολο των προσβάσεων όπως χρόνοι πρόσβασης, είδη πρόσβασης, οντότητες που προσπελάστηκαν (σε αναφορές χρηστών) ή χρήστες που προσπέλασαν μια οντότητα (σε αναφορές οντοτήτων), κτλ.

- δημιουργία, τροποποίηση, διαγραφή αδειών χρήσης για οντότητες. (μια άδεια χρήσης είναι ένα συμφωνητικό νομικών οδηγιών όπου αναγράφονται οι όροι χρήσης μιας οντότητας και με τους οποίους θα πρέπει να συμφωνούν οι χρήστες).
- ανάθεση/αφαίρεση άδειας χρήσης σε μία ή περισσότερες οντότητες.
- κοστολόγηση χρήστη με βάση την αναφορά καταγραφής της πρόσβασής του (χρονική διάρκεια και είδος πρόσβασης) και την ή τις άδειες χρήσης των οντοτήτων που προσπέλασε.

8. *Εφαρμογή διαχείρισης παραγγελιών (ordering management application)* : παρέχει τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας διαχείρισης παραγγελιών (Παράγραφος 5.1.3) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της συλλογής των παραγγελιών που υποβάλλουν οι χρήστες για ψηφιακά αντικείμενα (digital assets) καθώς και της χρέωσης των χρηστών αυτών ανάλογα με τα αντίστοιχα πνευματικά δικαιώματα των αντικειμένων. Με την έννοια αυτή, η εφαρμογή διαχείρισης παραγγελιών απαιτεί την ολοκλήρωση της δημιουργίας πληρεξουσίων των ψηφιακών αντικειμένων μέσω της εφαρμογής διαχείρισης πνευματικών δικαιωμάτων (βλέπε παραπάνω).

Η διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

- συλλογή αιτήσεων παραγγελιών από χρήστη/ομάδα χρηστών για ψηφιακό αντικείμενο. Μια παραγγελία διαθέτει τουλάχιστον το ID του χρήστη (ή τις ομάδας χρηστών) που την υπέβαλλε καθώς και τα IDs των ψηφιακών αντικειμένων πάνω στα οποία γίνεται η παραγγελία.
- επιλογή εξυπηρετητή (ών) αρχειακής αποθήκης (archive/repository server) για δρομολόγηση της παραγγελίας (ών).
- Συλλογή και εμφάνιση (στο διαχειριστή της εφαρμογής) των αποτελεσμάτων των αποκρίσεων των εξυπηρετητών. Οι αποκρίσεις αυτές περιέχουν τα πληρεξούσια (proxies) που αντιστοιχούν στα IDs των ψηφιακών αντικειμένων που παραγγέλθηκαν. Για κάθε πληρεξούσιο, εμφανίζονται : 1) τα ψηφιακά αρχεία που περιέχει, 2) το σύνολο των μεταδεδομένων του κάθε ψηφιακού αρχείου ξεχωριστά, 3) το σύνολο των διαχειριστικών μεταδεδομένων του αντίστοιχου πακέτου από το οποίο προέρχεται το πληρεξούσιο.
- κοστολόγηση χρήστη με βάση τα πληρεξούσια που περιέχονται στην παραγγελία του. Η κοστολόγηση κάθε πληρεξουσίου υπολογίζεται μέσω των πνευματικών δικαιωμάτων που έχουν οριστεί για το συγκεκριμένο πακέτο (διαχειριστικά μεταδεδομένα που ορίστηκαν κατά τη δημιουργία του πακέτου – βλέπε εφαρμογή διαχείρισης πνευματικών δικαιωμάτων) ή μέσω των πνευματικών δικαιωμάτων που έχουν καθοριστεί για κάθε ψηφιακό αρχείο του πακέτου ξεχωριστά (αν έχουν καθοριστεί).
- ανάλογα με το τί είδους πρόσβαση έχει καθοριστεί για το πληρεξούσιο (η πληροφορία αυτή αποτελεί διαχειριστικό μεταδεδομένο του αντίστοιχου πακέτου), π.χ. «κατέβασμα», προεπισκόπηση, αναπαραγωγή, κτλ., η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα αποστολής του

πληρεξουσίου σε εξυπηρετητή στον οποίο έχει άμεση πρόσβαση ο χρήστης που υπέβαλλε την παραγγελία. Πρίν την αποστολή, δίνεται η δυνατότητα ανάθεσης ενός δείκτη κατάστασης (status flag) του πληρεξουσίου, όπως «πρός κατέβασμα», «πρός προεπισκόπηση», «πρός αναπαραγωγή», κτλ.

5.2.3 Εφαρμογές εισόδου/εξόδου

1. *Εφαρμογή απορρόφησης (ingest application)* : παρέχει τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας απορρόφησης (Παράγραφος 5.1.3) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της εγγραφής (recording) και αποθήκευσης σε πολλαπλά formats (που υποστηρίζονται από το DAMS) εισερχόμενων ψηφιακών πολυ-μεσικών σημάτων πρός το σύστημα. Μπορεί να θεωρηθεί και ως μια πρότυπη οθόνη ελέγχου οπτικο-ακουστικού υλικού. Στο περιβάλλον μπορεί να έχουν πρόσβαση διάφορες ομάδες προχωρημένων χρηστών του συστήματος, όπως διαχειριστές ψηφιακών αντικειμένων και πολυμέσων (media and digital asset managers), βοηθοί τροφοδοσίας περιεχομένου (content feed assistants), εξειδικευμένοι καταλογογράφοι (catalogers, metadata enhancers), κτλ. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργικότητα της εφαρμογής περιέχει τα παρακάτω (χωρίς να εξαντλείται σ' αυτά) :
   - δυνατότητα οπτικής και ακουστικής παρακολούθησης του ψηφιακού σήματος που παρέχεται στην είσοδο ενός κωδικοποιητή του συστήματος. Το σήμα μπορεί να είναι της μορφής βίντεο, ήχου, κειμένου, εικόνων, animation ή συνδυασμών τους.
   - επιλογή κάποιου γνωστού ή user-defined προτύπου μεταδεδομένων (αποθηκευμένου εντός του συστήματος) και εισαγωγή βασικών μεταδεδομένων στα εγγραφόμενα σήματα (π.χ. περιγραφικά όπως τίτλος, δημιουργός, κτλ.).
   - δημιουργία ψηφιακών αρχείων από τα απορροφόμενα σήματα. Τα αρχεία, πρίν αποθηκευτούν στο σύστημα, αποκτούν ένα μοναδικό ID, μπορούν να συσχετιστούν με άλλα ήδη υπάρχοντα αρχεία ενώ μπορεί να καθοριστεί και το τελικό format με το οποίο θα αποθηκευτούν (ενεργοποίηση της υπηρεσίας μετατροπής formats – Παράγραφος 5.1.3).
   - διαχείριση της διαδικασίας εγγραφών παρέχοντας δυνατότητες, όπως start/stop/pause recordings, κτλ. Η διαχείριση μπορεί να περιλαμβάνει το χρονοπρογραμματισμό διαδικασιών εγγραφών (π.χ. κάθε μια συγκεκριμένη ώρα της ημέρας) καθώς και την εκκίνηση ή το σταμάτημα εγγραφών με βάση διάφορα γεγονότα (event-triggered recordings), όπως π.χ. η έναρξη εγγραφής όταν ένας κωδικοποιητής λάβει ένα εξωτερικό ψηφιακό σήμα (π.χ. από έναν VCR ή DVD recorder).
2. *Εφαρμογή εισαγωγής (import application)* : παρέχει τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας εισαγωγής (Παράγραφος 5.1.3) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της εισαγωγής

ψηφιακών αρχείων σε διάφορα formats από διάφορες εξωτερικές συσκευές αποθήκευσης. Μια εξωτερική συσκευή αποθήκευσης παρέχει ψηφιακά αρχεία τα οποία είναι έτοιμα για «κατέβασμα» και απευθείας εισαγωγή τους στο σύστημα αποθήκευσης του DAMS. Ενώ η εφαρμογή απορρόφησης χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις εισαγωγής ακατέργαστων ψηφιακών σημάτων από εξωτερικές πηγές (και άρα ανάγκης εγγραφής τους σε υποστηριζόμενα formats από το σύστημα), η εφαρμογή εισαγωγής χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις εισαγωγής έτοιμων ψηφιακών αρχείων κωδικοποιημένων σε κάποιο συγκεκριμένο format τα οποία είναι διαθέσιμα από κάποια εξωτερική συσκευή αποθήκευσης. Όπως και στην εφαρμογή απορρόφησης, στο περιβάλλον της εφαρμογής έχουν πρόσβαση προχωρημένοι χρήστες, όπως διαχειριστές, βοηθοί τροφοδοσίας, καταλογογράφοι, κτλ. Στις τυπικές δυνατότητες της εφαρμογής περιλαμβάνονται :

- επιλογή του εξωτερικού συστήματος αποθήκευσης που θα προμηθεύσει τα ψηφιακά αρχεία (π.χ. σκληροί δίσκοι, VCRs, DVD players, streaming or video servers, κτλ.). Μια καλή αρχιτεκτονική λύση (με το αντίστοιχο κόστος φυσικά) είναι η εφαρμογή να υποστηρίζεται από εξειδικευμένους εξυπηρετητές (import servers). Αυτοί αναλαμβάνουν το «κατέβασμα» των ψηφιακών αρχείων και, στη συνέχεια, η εφαρμογή διαχειρίζεται την εισαγωγή των αρχείων στο DAMS από αυτούς.
- επιλογή των ψηφιακών αρχείων πρός εισαγωγή.
- αν είναι απαραίτητη η παραγωγή αντιγράφων των αρχείων (π.χ. proxies, browsing copies, κτλ.) κατά την εισαγωγή τους τότε δίνεται η δυνατότητα επιλογής κάποιου υποστηριζόμενου format με το οποίο θα κωδικοποιηθούν τα αντίγραφα (μέσω ενεργοποίησης της υπηρεσίας μετατροπής formats – Παράγραφος 5.1.3). Έτσι δίνεται και η δυνατότητα παραγωγής νέων ψηφιακών αρχείων.
- επιλογή κάποιου γνωστού ή user-defined προτύπου μεταδεδομένων (αποθηκευμένου εντός του συστήματος) και εισαγωγή βασικών μεταδεδομένων στα εισαγώμενα ψηφιακά αρχεία.
- συσχετισμός, όπου είναι απαραίτητο, των ψηφιακών αρχείων με άλλα ήδη υπάρχοντα αρχεία (π.χ. παρεμφερή, βοηθητικά, κτλ.).
- δυνατότητα καθορισμού της έναρξης – λήξης μιας διαδικασίας εισαγωγής καθώς και χρονοπρογραμματισμού της.
- προγραμματισμός απλών και μαζικών (batch) διαδικασιών εισαγωγής.

3. *Εφαρμογή εξαγωγής (export application)* : παρέχει τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας εξαγωγής (Παράγραφος 5.1.3) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της εξαγωγής ψηφιακών αρχείων σε διάφορα formats και των μεταδεδομένων τους από το σύστημα αποθήκευσης του DAMS. Προσφέρει τις ίδιες δυνατότητες και τη διαχειρίζονται οι ίδιες ομάδες χρηστών με την εφαρμογή εισαγωγής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερα, όπως και η εφαρμογή εισαγωγής, σε περιπτώσεις διαμοιρασμού του ψηφιακού περιεχομένου του DAMS με άλλα πληροφοριακά συστήματα, ειδικά όταν δεν συνδέονται αυτά μέσω

δικτύου. Επιπλέον, η λειτουργικότητα της εφαρμογής μπορεί να περιλαμβάνει :

- επιλογή εξαγωγής ψηφιακών αρχείων μαζί με τα συσχετιζόμενα με αυτά μεταδεδομένα ή χωρίς αυτά.
- δυνατότητα εξαγωγής μόνο των μεταδεδομένων των αρχείων. Περαιτέρω, μπορεί να παρέχει τη δυνατότητα προσθήκης ή/και τροποποίησης του συνόλου μεταδεδομένων των αρχείων μέσα από την επιλογή κάποιου γνωστού ή user-defined προτύπου μεταδεδομένων (αποθηκευμένου εντός του συστήματος).
- όπως και η εφαρμογή εισαγωγής, μπορεί να υποστηρίξει την επανέκδοση (re-versioning) ψηφιακών αρχείων. Κάτι τέτοιο γίνεται μέσω των διαδικασιών check-in (ανίχνευση της τροποποίησης των αρχείων) και check-out (ανίχνευση της πρόσβασης στα αρχεία). Όταν, δηλαδή, παρατηρηθεί μια τροποποίηση ενός αρχείου τότε η τροποποίηση αποθηκεύεται ως νέο αρχείο που συσχετίζεται με το αρχικό, αφού μπορεί να αποτελεί επανέκδοσή του. Τέτοια αντίγραφα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά κόρον σε διαδικασίες εισαγωγής/εξαγωγής.

5.2.4 Εφαρμογές τεκμηρίωσης

1. *Εφαρμογή προσθήκης μεταδεδομένων (metadata annotation or logging application* : παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της εισαγωγής, τροποποίησης και διαγραφής συνόλων μεταδεδομένων με βάση κάποιο user-defined πρότυπο μεταδεδομένων του συστήματος.

Στη διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής έχουν πρόσβαση προχωρημένες ομάδες χρηστών, όπως διαχειριστές, τεκμηριωτές, κτλ. Η εφαρμογή προσωποποιείται (personalized) προκειμένου να αποτυπώσει τα δικαιώματα των διαφορετικών χρηστών ή ομάδων χρηστών που την προσπελαύνουν. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό εδώ είναι ότι διαφορετικοί χρήστες ή ομάδες χρηστών ενδέχεται να έχουν το δικαίωμα συμπλήρωσης μόνο συγκεκριμένων πεδίων μεταδεδομένων. Για παράδειγμα, μια ομάδα τεκμηριωτών μπορεί να μην έχει το δικαίωμα προσθήκης διαχειριστικών μεταδεδομένων (δουλειά που μπορεί να την κάνουν μόνο διαχειριστές) ή να έχει το δικαίωμα συμπλήρωσης μόνο ενός αριθμού περιγραφικών/δομικών μεταδεδομένων.

Η διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα (ανάλογα με τα αντίστοιχα δικαιώματα) :

- εφόσον έχει γίνει η ανάκτηση ενός ψηφιακού αρχείου (εφαρμογή αναζήτησης/ανάκτησης – Παράγραφος 5.2.5), γίνεται αναζήτηση και ανάκτηση ενός προτύπου μεταδεδομένων (η εφαρμογή προϋποθέτει την ύπαρξη ενός τουλάχιστον προτύπου εντός του συστήματος – εφαρμογή διαχείρισης προτύπων μεταδεδομένων, Παράγραφος 5.2.2). Τα πρότυπα μπορεί να εμφανίζονται με τη μορφή λίστας στην οποία περιέχονται διάφορα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους (π.χ. πόσα και

ποιά πεδία διαθέτουν, πόσα είναι υποχρεωτικά, ποιά συμπληρώνονται από τεκμηριωτές και ποιά μόνο από διαχειριστές, κτλ.).
- επιλογή προτύπου μεταδεδομένων από την προηγούμενη λίστα.
- δυνατότητα συμπλήρωσης (αν πρόκειται για textfields, textareas, κτλ.) ή επιλογής (αν πρόκειται για check boxes, radio buttons, list boxes, combo boxes, drop down menus, κτλ.) των κενών πεδίων μεταδεδομένων με στοιχεία. Δίπλα σε κάθε κενό πεδίο αναγράφονται πληροφορίες βοήθειας (tooltips) όπως : το είδος, ο τύπος και το πεδίο των τιμών που μπορεί να πάρει, το μέγεθος των χαρακτήρων που δέχεται, το αν είναι ή όχι υποχρεωτικό, σε ποιά κατηγορία μεταδεδομένων ανήκει (περιγραφικό, δομικό, διαχειριστικό), αν είναι auto-increment, ποιά η αρχική του τιμή, κτλ.

2. *Εφαρμογή ανάλυσης ψηφιακών αρχείων (digital file analysis application)* : παρέχει τη λειτουργικότητα των υπηρεσιών ανάλυσης και αλλαγής/σύνταξης ψηφιακού περιεχομένου (Παράγραφος 5.1.3) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την υποστήριξη της επεξεργασίας ψηφιακών αρχείων, εξαγωγής χρήσιμων μεταδεδομένων και άλλων τεχνικών χαρακτηριστικών τους καθώς και της αποσυναρμολόγησής τους σε επιμέρους αρχεία.

Στη διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής έχουν πρόσβαση προχωρημένες ομάδες χρηστών, όπως διαχειριστές, τεκμηριωτές, κτλ. Αυτή προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :
- *για ψηφιακά αρχεία κειμένου* : ειδικό λογισμικό επεξεργασίας κειμένου (π.χ. κειμενογράφος). Το λογισμικό μπορεί να παρέχει ένα πλήθος εργαλείων όπως : οπτική αναγνώριση χαρακτήρων, διαγραμμίσεις, αλλαγή γραμματοσειρών, έντονη/πλάγια γραφή, στοίχιση κειμένου, αριθμοποίηση, εισαγωγή ιδιόμορφων χαρακτήρων, μαθηματικών και άλλων συμβόλων, εισαγωγή πινάκων και εικόνων, δημιουργία περιεχομένων, σχόλια και παρατηρήσεις, ειδικές φόρμες και περιγράμματα (templates), υποτιτλισμό, κτλ.
- *για ψηφιακά αρχεία εικόνων* : ειδικό λογισμικό επεξεργασίας εικόνων. Το λογισμικό μπορεί να παρέχει ένα πλήθος εργαλείων όπως : κόψιμο περιοχής (crop), θόλωμα (blur), ξάκρισμα (sharpen), ρύθμιση χρωμάτων (red/green/blue, hue/saturation, brightness/contrast), αλλαγή μεγέθους/γωνίας (resize, rotate, flip), συμπίεση, προσθήκη/τροποποίηση/διαγραφή χρωμάτων, εφαρμογή φίλτρων (π.χ. red eye remover), κτλ.
- *για ψηφιακά αρχεία ήχου* : ειδικό λογισμικό επεξεργασίας ήχου. Το λογισμικό μπορεί να παρέχει ένα πλήθος εργαλείων όπως : ανίχνευση και ταξινόμηση συγκεκριμένων κομματιών ήχου από αρχεία ήχου, δυνατότητες αναγνώρισης φωνής (speech recognition) ή αναγνώριση ομιλητών (speaker recognition), κτλ.
- *για ψηφιακά αρχεία βίντεο (ή animation)* : ειδικό λογισμικό επεξεργασίας βίντεο. Το λογισμικό μπορεί να παρέχει ένα πλήθος εργαλείων όπως : ανίχνευση συγκεκριμένων σκηνών εντός ενός βίντεο (shot detection), εξαγωγή keyframes (σημείων εκκίνησης και τερματισμού κινούμενων

εικόνων), ανάκτηση/τροποποίηση της κίνησης της κάμερας (pan, zoom, tilt), συσταδοποίηση σκηνών (shot clustering) σε ομάδες που έχουν παρεμφερή χαρακτηριστικά ή που φαίνονται ίδιες, αναγνώριση εικόνων, προσώπων, διαλόγων (image, face, speech recognition), κτλ.

- *για ψηφιακά αρχεία που αποτελούν συνδυασμούς των παραπάνω* : ειδικό λογισμικό το οποίο προσφέρει : διαχωρισμό του πολυ-μεσικού αρχείου σε επιμέρους κομμάτια διακριτού τύπου (π.χ. υπο-αρχείο ήχου, υπο-αρχείο βίντεο), αποκοπή (cutting), αφαίρεση υπολειμμάτων (trimming), πολυπλεξία και απο-πολυπλεξία ((de)-multiplexing), τμηματοποίηση (segmentation), δημιουργία / τροποποίηση / διαγραφή χρονο-σημάνσεων (timecodes) και εικόνων-πλαισίων (frames), συνεργασία με εξυπηρετητές αρχείων για τη συναρμολόγηση πολλαπλών ψηφιακών αρχείων ίδιου τύπου (π.χ. πολλαπλά αρχεία βίντεο ή αρχεία βίντεο και ήχου), κτλ.

5.2.5 Εφαρμογές αναζήτησης και ανάκτησης

1. *Εφαρμογή διαχείρισης διεπαφών αναζήτησης (search interface management application)* : παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης μέσα από το οποίο ενεργοποιούνται/απενεργοποιούνται διάφορες παραμετροποιήσεις που αφορούν διεπαφές αναζητήσεων, όπως απλή και προχωρημένη αναζήτηση, φίλτρα αναζητήσεων, τρόπος εμφάνισης των αποτελεσμάτων, κτλ. Προφανώς, η συντριπτική πλειοψηφία των αναζητήσεων αφορά τα ψηφιακά αρχεία ή αντικείμενα, το περιεχόμενό τους και τα μεταδεδομένα τους. Σ' αυτό ακριβώς το είδος αναζητήσεων αναφερόμαστε παρακάτω.

Διεπαφές αναζητήσεων μπορεί να προσφέρουν διάφορες DAMS εφαρμογές πρός τους χρήστες του. Ανάλογα με το ποιοί είναι αυτοί οι χρήστες (ή ομάδες χρηστών) και το ποιά είναι τα δικαιώματά τους, οι διεπαφές θα πρέπει να είναι ανάλογα παραμετροποιημένες (όπως και οι διεπαφές των εφαρμογών γενικότερα) έτσι ώστε να αντικατοπτρίζουν τη διαβάθμιση των διαφόρων ειδών δικαιωμάτων. Για παράδειγμα, απλοί χρήστες δεν θα πρέπει να μπορούν να επιτελούν προχωρημένες αναζητήσεις αφού τα επιστρεφόμενα αποτελέσματά τους μπορεί να περιέχουν ψηφιακά αντικείμενα ή μεταδεδομένα στα οποία τους απαγορεύεται η πρόσβαση (λόγω π.χ. περιορισμένων δικαιωμάτων που τους έχουν παραχωρηθεί). Με την έννοια αυτή, μπορεί να επιτευχθεί η προσωποποίηση (personalization) των διεπαφών έτσι ώστε αυτές να εμφανίζουν διαφορετικές δυνατότητες σε χρήστες διαφορετικών δικαιωμάτων.

Στη διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής έχουν πρόσβαση προχωρημένες ομάδες χρηστών, όπως διαχειριστές του συστήματος. Αυτή προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

- ενεργοποίηση/απενεργοποίηση διαφόρων ειδών αναζήτησης (σε ψηφιακά αρχεία ή αντικειμένα, στο περιεχόμενό τους και στα μεταδεδομένα τους) καθώς και φίλτρων αναζήτησης πάνω στα είδη αυτά. Τα φίλτρα επιτυγχάνουν μεγαλύτερη εξειδίκευση του συνόλου

των αποτελεσμάτων ενώ μπορεί να εφαρμόζονται μεμονομένα ή σε ομάδες, συγκροτώντας διαστρωματώσεις φίλτρων (filter stratums). Προφανώς, ο συνδυασμός δύο ή περισσοτέρων ειδών αναζήτησης μπορεί να αποτελεί ένα φίλτρο. Τα είδη αναζήτησης που μπορεί να παρέχονται είναι :

- αναζήτηση με βάση περιγραφικά / δομικά / διαχειριστικά μεταδεδομένα (π.χ. εύρεση του δημιουργού των ψηφιακών αρχείων).
- αναζήτηση πλήρους κειμένου (full text search) (π.χ. εύρεση μιας φράσης στο περιεχόμενο ενός ψηφιακού αρχείου κειμένου).
- αναζήτηση με Boolean τελεστές (AND, OR, NOT) (π.χ. εύρεση όλων των αρχείων κειμένου ΚΑΙ όλων των αρχείων βίντεο).
- αναζήτηση με βάση την εγγύτητα (proximity search) και fuzzy αναζήτηση (π.χ. εύρεση όλων των αρχείων που ξεκινούν από ένα αλφαριθμητικό).
- αναζήτηση με βάση όρους που προέρχονται από θησαυρούς όρων (π.χ. εύρεση όλων των ιατρικών όρων που περιέχονται σε ένα αρχείο κειμένου).
- αναζήτηση με βάση πεδία τιμών και άλλων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών (π.χ. οι εικόνες που εισήχθησαν ή τροποποιήθηκαν από 01/01/06 έως 01/02/06, τα ψηφιακά αρχεία που βρίσκονται στον εξυπηρετητή Α ή στην αρχειακή αποθήκη Β, κτλ.).

- ανάθεση/αφαίρεση δικαιωμάτων στα παραπάνω είδη αναζήτησης έτσι ώστε να αποκτούν πρόσβαση στα αντίστοιχα είδη οι χρήστες με τα αντίστοιχα δικαιώματα.

2. *Εφαρμογή διαχείρισης διεπαφών αποτελεσμάτων αναζητήσεων (retrieval interface management application)* : παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης μέσα από το οποίο ενεργοποιούνται/απενεργοποιούνται διάφορες παραμετροποιήσεις που αφορούν διεπαφές αποτελεσμάτων αναζητήσεων, όπως τρόπος εμφάνισης (overall layout) των αποτελεσμάτων, δευτερεύουσες πληροφορίες για τα αποτελέσματα (π.χ. μεταδεδομένα), κτλ.

Στη διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής έχουν πρόσβαση προχωρημένες ομάδες χρηστών, όπως διαχειριστές του συστήματος. Αυτή προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

- ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της εμφάνισης σύντομων περιγραφών (thumbnails) των αποτελεσμάτων. Τα thumbnails εμφανίζονται στις περιπτώσεις αναζήτησης ψηφιακών αρχείων και αντικειμένων (και όχι του περιεχομένου τους). Η μορφή thumbnail βοηθά στην καλύτερη εμφάνιση των αποτελεσμάτων (ευκολότερη και λειτουργικότερη πλοήγηση) μιας και προσδίδει μια πιο εποπτική εικόνα ενός επιστρεφόμενου συνόλου αποτελεσμάτων. Ειδικά στην περίπτωση ψηφιακών αρχείων βίντεο και ήχου, τα thumbnails θα πρέπει να συνοδεύονται από πληροφορίες της διάρκειάς τους. Επιπλέον, τα thumbnails μπορεί να αποτελούν συνδέσμους πρός τη λεπτομερέστερη απεικόνιση των ψηφιακών αρχείων που αναπαριστούν.

- ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της εμφάνισης του συνόλου μεταδεδομένων κάθε επιστρεφόμενου ψηφιακού αρχείου. Για την περίπτωση των ψηφιακών αντικειμένων είναι δυνατή τόσο η εμφάνιση των μεταδεδομένων κάθε ψηφιακού αρχείου που εμπεριέχεται στο αντίστοιχο πακέτο (που συγκροτεί το αντικείμενο) καθώς και των διαχειριστικών μεταδεδομένων του πακέτου (για την έννοια του πακέτου βλέπε εφαρμογή διαχείρισης πνευματικών δικαιωμάτων, Παράγραφος 5.2.2).
- ενεργοποίηση/απενεργοποίηση δευτερευουσών πληροφοριών που μπορεί να προέρχονται από τρίτα (εξωτερικα) συστήματα που διασυνδέονται με το DAMS (π.χ. πληροφορίες κοστολόγησης, κτλ.).
- ενεργοποίηση/απενεργοποίηση διαφόρων ενεργειών πάνω στα επιστρεφόμενα αποτελέσματα. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων ενεργειών είναι :
  - προεπισκόπηση και προβολή, αναπαραγωγή, «κατέβασμα», κτλ. Ειδικά στην περίπτωση αρχείων βίντεο/ήχου μπορούν να προσφέρονται ενέργειες όπως : play, stop, pause, fast forward/backward, increase/decrease speaker volume, sound balance, μεταπήδηση σε διάφορα σημεία εντός του αρχείου, κτλ.
  - καθορισμός του αν επιδέχονται ή όχι παραγγελίες.
  - τεκμηρίωση ψηφιακών αρχείων, δηλαδή η δυνατότητα προσθήκης/τροποποίησης/διαγραφής των μεταδεδομένων των ψηφιακών αρχείων μέσω επιλεγόμενων προτύπων μεταδεδομένων.
  - ανάλυση ψηφιακών αρχείων (βλέπε εφαρμογή ανάλυσης ψηφιακών αρχείων, Παράγραφος 5.2.4).
- ανάθεση/αφαίρεση δικαιωμάτων στην εμφάνιση των αρχείων και των μεταδεδομένων τους καθώς και στην εκτέλεση διαφόρων ενεργειών πάνω σ' αυτά. Με τον τρόπο αυτό μόνο χρήστες με τα αντίστοιχα δικαιώματα θα μπορούν να έχουν ελεγχόμενη πρόσβαση σε αρχεία και μεταδεδομένα ενω θα μπορούν να εκτελέσουν ελεγχόμενες ενέργειες πάνω σ' αυτά. Η ανάθεση/αφαίρεση δικαιωμάτων είναι απαραίτητη και στη συγκεκριμένη εφαρμογή (και δεν εξαντλείται μόνο στην εφαρμογή διαχείρισης διεπαφών αναζήτησης) αφού υπάρχει περίπτωση ένας χρήστης (ή ομάδα χρηστών) να έχει δικαίωμα να κάνει αναζήτηση με βάση ένα συγκεκριμένο είδος αλλά να μην έχει πλήρη δικαιώματα στο να επιτελέσει μια συγκεκριμένη ενέργεια (π.χ. υποβολή παραγγελίας ή «κατέβασμα») σε ένα ή περισσότερα αρχεία ενός συνόλου αποτελεσμάτων που θα του επιστραφούν.

3. *Εφαρμογή διαχείρισης θησαυρών όρων (thesaurus management application)* : παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης μέσα από το οποίο γίνεται η παραγωγή θησαυρών όρων, ο εμπλουτισμός τους με νέους όρους, κτλ.

Στη διεπαφή διαχείρισης της εφαρμογής έχουν πρόσβαση προχωρημένες ομάδες χρηστών, όπως διαχειριστές, τεκμηριωτές, κτλ. Αυτή προσφέρει τουλάχιστον την παρακάτω λειτουργικότητα :

- δημιουργία, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση θησαυρού.
- προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση όρου στον/από τον θησαυρό.
- συσχετισμός όρου ή ομάδας όρων με άλλους όρους ή ομάδες όρων εντός ενός θησαυρού.
- πλοήγηση στους όρους ενός θησαυρού μέσω δενδρικής (tree-like) ή άλλης γραφικής δομής. Η δομή αυτή απεικονίζει και τις αλληλο-συσχετίσεις μεταξύ των όρων.

4. *Εφαρμογή αναζήτησης/ανάκτησης (search and retrieval application)* : παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης μέσα από το οποίο γίνεται υποβολή επερωτήσεων (queries) πρός το DAMS καθώς και εμφάνισης των ανακτιθέντων αποτελεσμάτων. Οι αναζητήσεις αφορούν ψηφιακά αρχεία ή/και αντικείμενα, το περιεχόμενό τους ή/και το σύνολο των μεταδεδομένων τους. Οι επερωτήσεις αποστέλλονται πρός διάφορα υποσυστήματα ή εξυπηρετητές, όπως συστήματα βάσεων δεδομένων, συσκευές και συστήματα αποθήκευσης, κτλ. Στη διεπαφή αναζήτησης/ανάκτησης της εφαρμογής μπορούν να έχουν πρόσβαση όλοι οι χρήστες του συστήματος. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή προσωποποιείται (personalized) προκειμένου να αποτυπώσει τα δικαιώματα των χρηστών ή ομάδων χρηστών που την προσπελαύνουν. Με άλλα λόγια, χρήστες διαφορετικών δικαιωμάτων προσπελαύνουν διαφορετικές διεπαφές της ίδιας εφαρμογής ή την ίδια διεπαφή με διαφορετική λειτουργικότητα. Προφανώς, η συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί να αποτελεί τμήμα άλλων εφαρμογών, όπως για παράδειγμα εφαρμογών τεκμηρίωσης, μετατροπής formats, κτλ. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μεμονομένα για την εκτέλεση μιας πληθώρας άλλων ενεργειών.

Ανάλογα, λοιπόν, με τα δικαιώματα των χρηστών, η λειτουργικότητα της διεπαφής της εφαρμογής μπορεί να περιλαμβάνει :

- απλές εως πολύπλοκες υποβολές επερωτήσεων ή συνδυασμοί τους (βλέπε και εφαρμογή διαχείρισης διεπαφών αναζήτησης), όπως :
  - αναζήτηση με βάση περιγραφικά/δομικά/διαχειριστικά μεταδεδομένα.
  - αναζήτηση πλήρους κειμένου (full text search), με Boolean τελεστές (AND, OR, NOT), με βάση την εγγύτητα και fuzzy αναζήτηση.
  - αναζήτηση με βάση όρους που προέρχονται από θησαυρούς όρων.
  - αναζήτηση με βάση πεδία τιμών και άλλων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών.
  - αναζήτηση με βάση μεμονομένα φίλτρα ή ομάδες φίλτρων. Φίλτρο μπορεί να αποτελεί ένας οποιοσδήποτε συνδυασμός των προαναφερθέντων ειδών αναζητήσεων.
- απλές ανακτήσεις (αποτελέσματα αναζητήσεων) εως ανακτήσεις οι οποίες επιτρέπουν την εκτέλεση πολύπλοκων ενεργειών, όπως :

- εμφάνιση αποτελεσμάτων με τη μορφή thumbnails. Τα thumbnails μπορεί να περιέχουν διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός αρχείου (π.χ. διάρκεια ενός βίντεο) και να αποτελούν συνδέσμους πρός λεπτομερέστερη απεικόνιση των αρχείων.
- εμφάνιση συνόλων μεταδεδομένων (ή υποσυνόλων τους, π.χ. μόνο περιγραφικά) για ψηφιακά αρχεία και αντικείμενα.
- αποτελέσματα στα οποία δίνεται η δυνατότητα προεπισκόπησης και προβολής, αναπαραγωγής, υποβολής παραγγελίας, «κατεβάσματος», κτλ.
- αποτελέσματα στα οποία δίνεται η δυνατότητα προσθήκης/τροποποίησης/διαγραφής μεταδεδομένων ψηφιακών αρχείων ή ψηφιακών αντικειμένων (των αντίστοιχων πακέτων) μέσω επιλεγόμενων προτύπων μεταδεδομένων (βλέπε εφαρμογή προσθήκης μεταδεδομένων, Παράγραφος 5.2.4).
- αποτελέσματα στα οποία δίνεται η δυνατότητα ανάλυσης (μέσω της εφαρμογής ανάλυσης ψηφιακών αρχείων, Παράγραφος 5.2.4).
- αποτελέσματα στα οποία δίνεται η δυνατότητα συλλογής τους σε πακέτα για τη δημιουργία ψηφιακών αντικειμένων (βλέπε εφαρμογή διαχείρισης πνευματικών δικαιωμάτων, Παράγραφος 5.2.2).
- αποτελέσματα στα οποία δίνεται η δυνατότητα μετατροπής του format τους για διάφορους λόγους (π.χ. για προετοιμασία για εξαγωγή – export από το σύστημα, για παραγωγή χαμηλότερης ποιότητας αντιγράφων, κτλ).

5.2.6 Άλλες εφαρμογές

1. *Εφαρμογή αναπαραγωγής (player application) :* παρέχει τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας αναπαραγωγής (Παράγραφος 5.1.3) μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης ικανό για την αναπαραγωγή ψηφιακών αρχείων οπτικο-ακουστικού περιεχομένου. Στη διεπαφή της εφαρμογής μπορούν να έχουν πρόσβαση όλοι οι χρήστες του συστήματος. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή προσωποποιείται (personalized) προκειμένου να αποτυπώσει τα δικαιώματα των χρηστών ή ομάδων χρηστών που την προσπελαύνουν. Προφανώς, η εφαρμογή μπορεί να αποτελεί τμήμα άλλων εφαρμογών, όπως για παράδειγμα εφαρμογών τεκμηρίωσης, μετατροπής formats, αναζήτησης/ανάκτησης, κτλ. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή προσφέρει :
   - επιλογή αποκωδικοποιητή για την αναπαραγωγή του ψηφιακού σήματος που έχει προκύψει από τη διαδικασία απορρόφησης.
   - επιλογή λογισμικού αναπαραγωγής (π.χ. Windows Media Player, QuickTime, RealPlayer, VideoLAN, κτλ.) ή συσκευής αναπαραγωγής (π.χ. DVD player, VCR, κτλ.) των ψηφιακών αρχείων που εισήχθησαν στο σύστημα.
   - επιλογή εξυπηρετητή(ών) αρχείου για την προσκόμιση των αντίστοιχων πρός αναπαραγωγή ψηφιακών αρχείων.

- βασικές δυνατότητες play, stop, pause, fast forward/backward (ιδανικά με δυνατότητα επιλογής της ταχύτητας) σε ψηφιακά σήματα ή/και αρχεία.
- προχωρημένες δυνατότητες όπως μεταπήδηση στην αρχή ή/και το τέλος του περιεχομένου, βηματική κίνηση μπρός-πίσω σε βίντεο (frame-by-frame stepping), εισαγωγή/τροποποίηση/διαγραφή σηματοδοσίας (markers, locators) σε αρχεία και μεταπήδηση σε σημεία σηματοδοσίας.
- άλλες δυνατότητες όπως έλεγχος και εξισορρόπηση της έντασης του ήχου από τα ηχεία (sound balance), αλλαγή του μεγέθους του παραθύρου αναπαραγωγής, εμφάνιση του χρόνου και της υπολειπόμενης διάρκειας αναπαραγωγής κτλ.
- δυνατότητα δημιουργίας λιστών αναπαραγωγής ψηφιακών σημάτων/αρχείων καθώς και τροποποίησης και διαγραφής τους. Σε μια λίστα μπορεί να προστίθενται και να αφαιρούνται αρχεία, να τροποποιείται η σειρά αναπαραγωγής τους (shuffling), να ενεργοποιείται/απενεργοποιείται η αναπαραγωγή συγκεκριμένων αρχείων της λίστας, να παρέχονται βοηθητικά χαρακτηριστικά για το κάθε αρχείο (π.χ. διάρκεια, όνομα και ID αρχείου, σχόλια, κτλ.).

6. Θέματα ολοκλήρωσης σε DAMS

Μετά από όλη την παραπάνω συζήτηση είναι ξεκάθαρο ότι τα DAMS μπορούν να ειδωθούν ως συστήματα τα οποία παρέχουν μεγάλες ικανότητες όσον αφορά την αποθήκευση ψηφιακών αρχείων και αντικειμένων καθώς και μια σειρά πολύπλοκων υπηρεσιών και εφαρμογών για την πολύπλευρη διαχείρισή τους. Η πρόσβαση στο ψηφιακό περιεχόμενο, είτε αυτή προέρχεται από μια υπηρεσία εντός του συστήματος είτε αποτελεί αίτηση ενός ή περισσοτέρων χρηστών ή, ακόμη περισσότερο, ενός τρίτου εξωτερικού πληροφοριακού συστήματος, καθιστά αναγκαία τη δημιουργία κατάλληλων διεπαφών οι οποίες θα πρέπει να ολοκληρώνονται εντός των φυσικών υποδομών υλικού/λογισμικού των DAMS.

Με την έννοια αυτή, είναι κρίσιμη η απαίτηση για τον καθορισμό των δυνατοτήτων ολοκλήρωσης που προσφέρει ένα DAMS, τόσο στο παρεχόμενο εύρος των υπηρεσιών και εφαρμογών του όσο και στα λοιπά εξωτερικά συστήματα με τα οποία μπορεί ή είναι απαραίτητο να διασυνδέεται κατά τη διάρκεια της επιχειρησιακής του λειτουργίας. Μερικά παραδείγματα τέτοιων εξωτερικών συστημάτων μπορεί να είναι : συστήματα διαχείρισης δικαιωμάτων (Digital Rights Management – DRM), συστήματα διαχείρισης διαδικτυακού περιεχομένου (Web Content Management), Enterprise Resource Planning (ERP), συστήματα ηλεκτρονικού εμπορίου (e-commerce), κτλ. Περαιτέρω, ως εξωτερικά συστήματα μπορεί να θεωρηθούν υπάρχουσες DAMS υποδομές στις οποίες ένα σύγχρονο σύστημα διαχείρισης ψηφιακού υλικού θα πρέπει να ενσωματωθεί. Για όλες αυτές τις περιπτώσεις και αναλόγως με το είδος της ολοκλήρωσης, η διασύνδεση του DAMS με εφαρμογές, τρίτα συστήματα ή ευρύτερες υποδομές μπορεί να περιλαμβάνει από την απλή ανταλλαγή δεδομένων (π.χ. ψηφιακών αρχείων και μεταδεδομένων) μέχρι την απευθείας πρόσβαση στις πληροφορίες του DAMS.

Στο παρόν κεφάλαιο μελετούμε μερικές σημαντικές αρχές ολοκλήρωσης που θα πρέπει να καλύπτουν τα συστήματα DAMS καθώς και τρόπους και μορφές ολοκλήρωσής τους με άλλα συστήματα και εφαρμογές όπως και με το Διαδίκτυο.

6.1 Αρχές ολοκλήρωσης

Με τον όρο *ολοκλήρωση (integration)* εννοούμε τη διασύνδεση διαφορετικών, και πιθανώς ανεξάρτητων μεταξύ τους, συστημάτων ή υποσυστημάτων (system components or subsystems) για να επιτύχουμε μια μεγαλύτερου εύρους λειτουργικότητα. Η έννοια της ολοκλήρωσης χρησιμοποιείται και για τις περιπτώσεις της ενσωμάτωσης συστημάτων σε ευρύτερες πληροφοριακές υποδομές. Μέσω της διαδικασίας της ολοκλήρωσης τα επιμέρους συστήματα συγχωνεύουν τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τους και τα δεδομένα τους σε ένα ευρύτερο διαλειτουργικό σύστημα, το οποίο μπορεί να προσφέρει τόσο μεγαλύτερη λειτουργικότητα όσο και διαμοιρασμό των δεδομένων των επιμέρους συστημάτων.

Μερικές βασικές αρχές που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν σε μια διαδικασία ολοκλήρωσης συστημάτων, εφαρμογών, υποσυστημάτων, κτλ., είναι :

1. *Επίπεδο λειτουργικότητας* : πρίν από οποιαδήποτε διαδικασία ολοκλήρωσης απαιτείται η εξακρίβωση του επιπέδου των συνολικών διευρυμένων τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών που μπορούν να επιτευχθούν στο προκύπτων σύστημα.
2. *Επιμέρους βήματα* : απαιτείται η ενδελεχής μελέτη των βημάτων της διαδικασίας ολοκλήρωσης. Αυτή προϋποθέτει την καλή επίγνωση των απαιτήσεων και των δυνατοτήτων, των αδυναμιών και των προτερημάτων των επιμέρους συστημάτων.
3. *Αυτονομία* : τα επιμέρους συστήματα θα πρέπει να διατηρούν την αυτονομία τους ακόμη και όταν τελειώσει η διαδικασία ολοκλήρωσής τους.
4. *Φυσική τοποθεσία* : η φύση της ολοκλήρωσης επικαθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη φυσική τοποθεσία των επιμέρους συστημάτων καθώς και στη μεταξύ τους δικτυακή σύνδεση. Αν αυτή η σύνδεση χαθεί θα πρέπει, σε κάθε περίπτωση, τα επιμέρους συστήματα να είναι σε θέση να λειτουργούν όπως και πρίν την ολοκλήρωση.
5. *Ολοκλήρωση στα δεδομένα* : όσον αφορά την ολοκλήρωση δεδομένων, θα πρέπει να καταληχθεί εξαρχής το πόσο σημαντικά ή όχι είναι διάφορα θέματα που σχετίζονται με το χρόνο διάθεσης και προσπέλασης σ' αυτά καθώς και το επίπεδο της ενημέρωσής τους. Για παράδειγμα, είναι σημαντικό να ξεκαθαριστεί το αν θα πρέπει να διατίθενται απευθείας όλες εκείνες οι πληροφορίες που μεταβάλλονται (ενημερώνονται) ταχύτατα ή αν είναι αποδεκτή η πρόσβαση σε πληροφορίες στατικές ή που παρουσιάζουν χρονικές ασυνέπειες (temporal inconsistencies). Στην πρώτη περίπτωση είναι αναγκαία από τα επιμέρους συστήματα η απευθείας πρόσβαση στα δεδομένα ενώ στη δεύτερη η ανταλλαγή (αντιγραφή) τους μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων είναι επαρκής.
6. *Τεχνικοί και οικονομικοί περιορισμοί* : προκειμένου να ακολουθηθεί ο ορθότερος και ο πιο ευέλικτος τύπος μιας διαδικασίας ολοκλήρωσης σε ένα συγκεκριμένο επιχειρησιακό και διαλειτουργικό περιβάλλον, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τυχόν τεχνικά ζητήματα, όπως οι εξαρτήσεις μεταξύ των πλατφορμών ή/και αντικρουόμενες απαιτήσεις, καθώς επίσης και ζητήματα κόστους της ολοκλήρωσης.

6.2 Τύποι ολοκλήρωσης

Ανάλογα με τις παραπάνω αρχές ολοκλήρωσης υπάρχει μια ευρύτατη γκάμα πιθανών προσεγγίσεων όσον αφορά την ολοκλήρωση συστημάτων, εφαρμογών και υποσυστημάτων. Διακρίνουμε τους παρακάτω 3 τύπους ολοκλήρωσης :

1. *Ολοκλήρωση μέσω ανταλλαγής δεδομένων* : αυτός ο τύπος ολοκλήρωσης αφορά την ανταλλαγή δεδομένων μέσω της χρήσης μηνυμάτων.

Κωδικοποιημένα μηνύματα στο κατάλληλο format καθώς και η απευθείας μετάδοση – αντιγραφή ψηφιακών αρχείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αλληλεπίδραση μεταξύ των επιμέρους συστημάτων. Μέσω των μηνυμάτων και της μετάδοσης αρχείων μπορούν να ανταλλάσσονται τόσο ψηφιακό περιεχόμενο όσο και μεταδεδομένα. Η λογική των μηνυμάτων μπορεί να εφαρμοστεί στο επίπεδο των διαδικτυακών υπηρεσιών (web services) και υλοποιείται μέσω ειδικών πρωτοκόλλων ανταλλαγής (exchange protocols) και προτύπων κωδικοποίησης δεδομένων (όπως τα MOS και SOAP). Σε χαμηλότερο επίπεδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρωτόκολλα μετάδοσης όπως τα FTP, NFS, NDCP (Network Disk Control Protocol), VDCP (Video Disk Control Protocol), κτλ.

2. *Ολοκλήρωση μέσω Application Programming Interfaces (APIs)* : προσφέροντας ένα API, ένα πρόγραμμα ή κομμάτι λογισμικού (software program) παρέχει ένα σύνολο συναρτήσεων (functions) ή ρουτινών (routines) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσιες σε άλλα προγράμματα. Τέτοιες συναρτήσεις μπορεί να υλοποιούν εξειδικευμένες λειτουργίες όπως πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων μέσω client/server, επεξεργασία συναλλαγών (transaction processing), peer-to-peer αλληλεπίδραση, κτλ.

   Η ολοκλήρωση μέσω API μπορεί να προσφέρεται σε 2 εκδοχές : Remote Procedure Calls (RPC) και Standard Query Language (SQL). Στην 1η περίπτωση τα προγράμματα επικοινωνούν μέσω διαδικασιών (procedures or tasks) οι οποίες χρησιμοποιούν κοινόχρηστες ενδιάμεσες μνήμες (buffers). Για το διαμοιρασμό δεδομένων μεταξύ εφαρμογών μπορεί να χρησιμοποιηθεί η 2η περίπτωση, αξιοποιώντας την πρόσβαση σε κοινές βάσεις μέσω της SQL. Προφανώς, και άλλοι τρόποι πρόσβασης σε κοινές βάσεις είναι εφικτοί, π.χ. μέσω χρήσης φίλτρων που παρέχονται από την XML. Περαιτέρω, για την ορθή επικοινωνία μεταξύ πολλαπλών εφαρμογών και για την εξάλειψη της εξάρτησης από συγκεκριμένες πλατφόρμες μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία CORBA ή web services.

3. *Ολοκλήρωση μέσω κομματιών εφαρμογών (application components)* : τεχνολογίες ανάπτυξης component-based εφαρμογών (π.χ. ActiveX, JavaBeans, κτλ.) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτρέψουν την ολοκλήρωση διάφορων κομματιών εφαρμογών διαφορετικών συστημάτων σε ενιαίες εφαρμογές. Και στην περίπτωση αυτή η ανταλλαγή παραμέτρων και πληροφοριών μπορεί να γίνει μέσω μηνυμάτων. Αυτός ο τύπος ολοκλήρωσης είναι ιδιαίτερα ελκυστικός σε περιπτώσεις όπου πρέπει να παρουσιαστεί στους χρήστες μια διεπαφή που να προσφέρει πολλαπλή λειτουργικότητα όπου, όμως, να αφήνεται στο κάθε επιμέρους υποσύστημα να καθορίζει τον τρόπο εμφάνισης των πληροφοριών.

6.3 Διαδικασία ολοκλήρωσης σε DAMS

Η διαδικασία ολοκλήρωσης εφαρμογών και υποσυστημάτων εντός μιας ευρύτερης DAMS υποδομής μπορεί να διαχωριστεί σε 3 βασικά στάδια. Για το

κάθε στάδιο θα πρέπει να καθορίζονται συγκεκριμένα παραδοτέα και ορόσημα υλοποίησης (milestones). Τα στάδια αυτά είναι :

1. *Μελέτη απαιτήσεων και ανάλυση των επιμέρους υποσυστημάτων* : κατά την ανάλυση των απαιτήσεων του τελικού συστήματος θα πρέπει να παραχθούν όλες εκείνες οι τεχνικές και λειτουργικές προδιαγραφές μέσω των οποίων θα καλυφθούν όσο το δυνατόν πιο εύστοχα οι απαιτήσεις των χρηστών και οι περιορισμοί των επιμέρους υποσυστημάτων. Κατά την ανάλυση των απαιτήσεων λαμβάνει χώρα και η ανάλυση των ροών εργασιών και των επιμέρους βημάτων τους που εκτελούνται στα υποσυστήματα.

   Η όλη ανάλυση θα πρέπει να τεκμηριώνεται επαρκώς και να συμπεριλαμβάνει την όποια επιμέρους τεκμηρίωση των υποσυστημάτων, των εργαλείων που χρησιμοποιούν και τον τρόπο εγκατάστασης, παραμετροποίησης και εκτέλεσής τους. Επιπλέον, θα πρέπει να αποτιμάται η συνολική λειτουργικότητα, οι διεπαφές και οι δυνατότητες ολοκλήρωσης που προσφέρει κάθε υποσύστημα ξεχωριστά. Η αποτίμηση αυτή θα πρέπει να καταλήγει σε μια αξιολόγηση των υποσυστημάτων έτσι ώστε να συγκεντρωποιούνται οι όποιες εναλλακτικές επιλογές που θα ακολουθηθούν κατά την ολοκλήρωση. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται πιο εύκολη η εύρεση του καταλληλότερου υποσυστήματος για την κάθε μια λειτουργία του τελικού συστήματος.
2. *Σχεδιασμός διεπαφών τελικού συστήματος* : για το σχεδιασμό των διεπαφών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν διάφοροι παράγοντες όπως οι απαιτήσεις των χρηστών, οι προδιαγραφές και οι δυνατότητες των επιμέρους υποσυστημάτων, οι τεχνικές παράμετροι και οι περιορισμοί που μπορεί να εισάγει το νέο περιβάλλον λειτουργίας, ο οικονομικός πρϋπολογισμός του σχεδιασμού, κτλ. Στο στάδιο αυτό θα πρέπει να καθοριστούν και οι τύποι της ολοκλήρωσης που θα υιοθετηθούν για τα διαφορετικά υποσυστήματα, καθώς το είδος των τύπων έχει άμεση αντανάκλαση στον τρόπο του σχεδιασμού των διεπαφών. Προφανώς, θα πρέπει να αποφεύγεται η υλοποίηση πολλαπλών τύπων ολοκλήρωσης μιας και αυτοί μπορεί να εισάγουν τη χρήση πολλών και διαφορετικών πρωτοκόλλων, σχημάτων κωδικοποίησης και προτύπων API, πλήττοντας έτσι τη διαχειρισιμότητα της τελικής διαδικασίας ολοκλήρωσης.
3. *Υλοποίηση, έλεγχος και εγκατάσταση* : αρχικά, η ολοκλήρωση του κάθε επιμέρους υποσυστήματος θα πρέπει να υλοποιείται χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν η συνολική αρχιτεκτονική του τελικού συστήματος. Ο σκοπός που πρέπει να συμβαίνει αυτό είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη στόχευση των ελέγχων (1η διαδικασία testing) στο καθένα διακριτό ολοκληρώσιμο υποσύστημα έτσι ώστε να επαληθεύεται η ορθή λειτουργία ή να ανιχνεύονται συγκεκριμένα λάθη πάνω στο καθένα από αυτά. Μετά την επιτυχή διεκπεραίωση αυτού του βήματος, θα πρέπει να ελέγχονται υποσυστήματα που αλληλεπιδρούν απευθείας μεταξύ τους (2η διαδικασία testing). Αυτή η διαδικασία μπορεί να είναι επαναλαμβανόμενη εως ότου καλυφθούν όλες οι περιπτώσεις αλληλεπίδρασης. Ωστόσο, σε μια καλά

σχεδιασμένη διαδικασία, αυτές οι επαναλήψεις είναι αρκετά λίγες και καλά ορισμένες. Επιπλέον, σε περίπτωση ανίχνευσης σφαλμάτων αυτά μπορούν να εντοπιστούν αρκετά εύκολα (αρκεί το ψάξιμο πάνω στα αλληλεπιδρώντα υποσυστήματα). Εφόσον τελειώσουν και οι προηγούμενοι έλεγχοι, όλα τα διαφορετικά υποσυστήματα ολοκληρώνονται μεταξύ τους και εγκαθίστανται για να σχηματοποιήσουν το τελικό σύστημα. Μόνο σ' αυτή την περίπτωση μπορεί να ξεκινήσουν έλεγχοι πάνω στο προκύπτων σύστημα (3η διαδικασία testing).

6.4 Ολοκλήρωση DAMS εντός ευρύτερων υποδομών

Στην περίπτωση της ολοκλήρωσης DAMS συστημάτων εντός ευρύτερων υποδομών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν : 1) η μετανάστευση των δεδομένων (data migration) και, ιδιαίτερα, των ψηφιακών αντικειμένων (digital assets) και 2) ο πλούτος ή το πλήθος των πληροφοριών που βρίσκονται αποθηκευμένες σε βάσεις δεδομένων. Προφανώς, η διαδικασία της διατήρησης ψηφιακού περιεχομένου (preservation of content) μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από την εισαγωγή ενός μοντέρνου DAMS το οποίο μπορεί να παρέχει αυτόματες διαδικασίες διαχείρισης και αποθήκευσης περιεχομένου σε πολλαπλά (ή νέα) formats. Επιπλέον, μια παραδοσιακή βάση δεδομένων ή σύστημα αποθήκευσης μπορεί να αποθηκεύει δεδομένα και αρχεία με βάση κάποιο ξεπερασμένο μοντέλο ή πρότυπο. Ωστόσο η αντικατάσταση του μοντέλου αυτού μπορεί να έχει απαγορευτικό κόστος ή να είναι αδύνατη τεχνολογικά.

Εξειδικεύοντας τους παραπάνω παράγοντες, κατά την απόφαση της ολοκλήρωσης ενός DAMS εντός μιας ευρύτερης υποδομής με σκοπό τη συνεργασία του μ' αυτήν ή την μερική/πλήρη αντικατάστασή της, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν : 1) οι υπάρχουσες βάσεις δεδομένων, τα εμπλεκόμενα πληροφοριακά συστήματα και ο τρόπος με τον οποίο αυτά μπορούν να ολοκληρωθούν (π.χ. διεπαφές που προσφέρουν, κτλ.), 2) τα τρέχοντα δικαιώματα πρόσβασης και χρήσης δεδομένων και εφαρμογών και πώς αυτά θα διαχειρίζονται μετά την ολοκλήρωση, 3) οι εκτελούμενες ροές εργασιών και το πώς αυτές θα διαμορφωθούν μελλοντικά, 4) τα μεταδεδομένα και ο τρόπος διαχείρισης των πληροφοριών.

Τέλος, σημαντικό ρόλο κατά την ολοκλήρωση παίζει και ο τρόπος της μετανάστευσης των δεδομένων από την υπάρχουσα υποδομή πρός το DAMS (ή και αντίθετα). Η μετανάστευση μπορεί να αφορά τόσο ψηφιακά αρχεία εντός αρχειακών αποθηκών όσο και δεδομένα που βρίσκονται σε βάσεις. Στην 1η περίπτωση η διαδικασία της μετανάστευσης μπορεί να περιλαμβάνει τη θέση σε λειτουργία μιας αυτόματης βιβλιοθήκης κασσετών, στην οποία καταχωρούνται προσωρινά τα αρχεία, και την μετέπειτα αντιγραφή τους σε ένα σύστημα μαζικής αποθήκευσης. Στη 2η περίπτωση, τα δεδομένα που βρίσκονται στις παλιές βάσεις θα πρέπει να μεταφερθούν στις νέες. Κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητα μια εύκολη διαδικασία, αφού η μετάβαση από το υπάρχων στο νέο μοντέλο δεδομένων δεν περιλαμβάνει, γενικώς, 1 – πρός – 1 αντιστοιχήσεις και μπορεί να απαιτήσει ιδιαίτερες προσαρμογές.

ΜΕΡΟΣ Β[1]

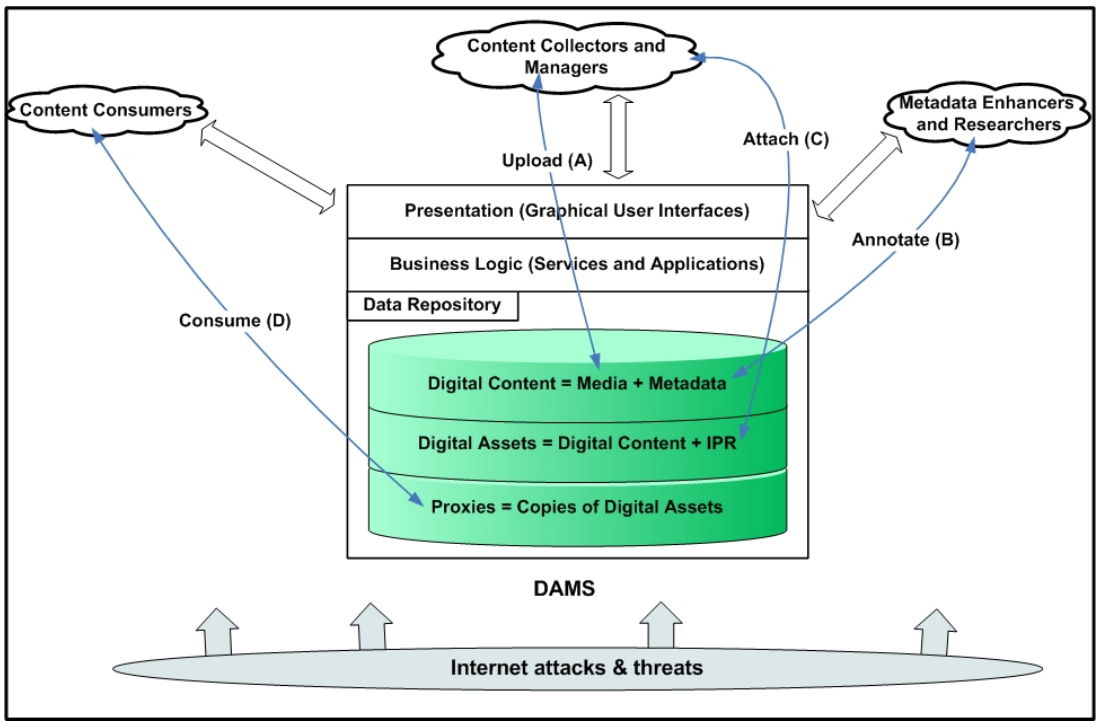
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ INTERNET-BASED DAMS

[1] Κομμάτι του Μέρους Β έχει δημοσιευτεί σε διεθνές συνέδριο

1. Η έννοια του Internet-based DAMS

Σε όλο το Μέρος Β θα χρησιμοποιήσουμε έννοιες που έχουν ήδη οριστεί στο Μέρος Α (Κεφάλαιο 2), όπως media, metadata (descriptive, structural, administrative), metadata scheme (existing or user-defined), digital content, digital asset, IPR, proxy και DAMS.

Μπορούμε να φανταστούμε ένα Internet-based DAMS σαν μια μεγάλη αποθήκη δεδομένων (data repository) η οποία παρέχει συγκεκριμένες διαδικτυακές εφαρμογές και υπηρεσίες για τη διαχείριση ψηφιακών αντικειμένων (digital assets) και για την ευρεία διανομή τους μέσω του Διαδικτύου. Το σύστημα θα πρέπει να φέρει σε πέρας την αξιόπιστη, ασφαλή και ευέλικτη ολοκλήρωση 3 σημαντικών εργασιών : συλλογή, διαχείριση και έκδοση ψηφιακών αντικειμένων. Η *συλλογή (collection)* υπονοεί την απορρόφηση (ingesting) και κωδικοποίηση (encoding) ακατέργαστων ψηφιακών μέσων σε διάφορες μορφές και τύπους (formats/types) και, επίσης, την αποθήκευσή τους σε κατάλληλες αρχειακές αποθήκες (archives). Η *διαχείριση (management)* εμπλέκει διαχειριστικές εργασίες που εφαρμόζονται πάνω στα ψηφιακά αντικείμενα όπως τεκμηρίωση με μεταδεδομένα, διαχείριση IPR, έλεγχος ροών εργασίας, κτλ. Η *έκδοση (publishing)* συνεπάγεται την εξαγωγή (export) και την ευρεία διανομή (distribution) των ψηφιακών αντικειμένων σε διάφορες μορφές και, επίσης, μεθόδους για την επαναχρησιμοποίηση (re-using) και την επαναστοχοποίησή τους (re-purposing).



Εικόνα 1Β. Γενική παρουσίαση ενός Internet-based DAMS. Όλες οι A, B, C και D δραστηριότητες διεξάγονται μέσω κοινών ή υψηλού-εύρους ζώνης (high-bandwidth) TCP/IP διαδικτυακών συνδέσεων

Διαφορετικές κατηγορίες διαδικτυακών χρηστών (Internet user groups) με διακριτούς ρόλους και προνόμια (privileges) αλληλεπιδρούν με το σύστημα έτσι ώστε να διεξάγουν τις 3 αυτές παραπάνω εργασίες. Σε ένα κοινό σενάριο λειτουργίας, *συλλογείς ψηφιακού περιεχομένου (content collectors)* ανεβάζουν (upload) ψηφιακά δεδομένα στο σύστημα (A), *τεκμηριωτές μεταδεδομένων (metadata researchers)* σχολιάζουν και τεκμηριώνουν (annotate) ψηφιακό περιεχομένο (B) και *διαχειριστές του συστήματος (system managers)* προσθέτουν (attach) πνευματικά δικαιώματα σε ψηφιακά αντικείμενα (C), όπως δείχνεται στην Εικόνα 1Β. Τελικά, το σύστημα παράγει διάφορα πληρεξούσια (proxies) των ψηφιακών αντικειμένων τα οποία, στη συνέχεια, καταναλώνονται (consume) από τους *καταναλωτές ψηφιακού περιεχομένου (content consumers)* (D).

Η αλληλεπίδραση των χρηστών (A, B, C, D ή άλλες δραστηριότητες) ακολουθούν το μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή (client-server model) όπου πελάτες – χρήστες (clients) υποβάλλουν αιτήσεις (requests) για ανάκτηση πληροφοριών από τους εξυπηρετητές (servers) του συστήματος (DAMS) μέσω γραφικών περιβαλλόντων (GUIs). Οι εξυπηρετητές αναζητούν και βρίσκουν τα κατάλληλα δεδομένα και τα παραδίδουν πίσω στους χρήστες που υπέβαλλαν τις αιτήσεις. Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διεπαφών των χρηστών και των αποθηκευμένων δεδομένων καθορίζεται από την *επιχειρησιακή λογική (business logic)* του συστήματος. Αυτή διαχωρίζεται σε διαφορετικά επίπεδα (tiers / layers) τα οποία συναποτελούν ένα σχήμα *πολύ-επίπεδης (multi-tier)* αρχιτεκτονικής.

2. Πρόσβαση στο Internet και η πρόκληση της ασφάλειας

Όλοι οι σύγχρονοι οργανισμοί που διαθέτουν μεγάλο όγκο ψηφιακού περιεχομένου (rich-media organizations) αναζητούν, στις μέρες μας, ευέλικτους και αξιόπιστους τρόπους για να διαχειρίζονται αποτελεσματικά το περιεχόμενο αυτό. Μερικά παραδείγματα είναι : βιβλιοθήκες, μουσεία και άλλες αποθήκες πολυμέσων (multimedia archives) είναι υποχρεωμένες να διατηρούν και να συντηρούν (preserve) τεράστιες ποσότητες ψηφιακών εκθεμάτων (digital exhibitions) που προέρχονται από διάφορα έργα ψηφιοποίησης (digitization projects). Εκπαιδευτικοί οργανισμοί (πανεπιστήμια, σχολές ιδιωτικού τομέα, κτλ.) πρέπει να συνθέτουν, να στοιχειοθετούν και να παραδίδουν on-line μαθήματα στους μαθητές τους. Εταιρίες παραγωγής και διάθεσης ταινιών και βίντεο (film studios, production και post-production houses) έχουν ανάγκη την ψηφιοποίηση του οπτικο-ακουστικού υλικού τους με στόχο την οικονομική εκμετάλλευση και εμπορική αξιοποίησή του.

Για όλες αυτές τις περιπτώσεις, η χρήση και η εκμετάλλευση του Παγκόσμιου Ιστού αποτελεί μια κρίσιμη απαίτηση για να καλυφθούν και να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά οι προκλήσεις της αγοράς και οι αυξανόμενες απαιτήσεις των χρηστών. Με την έννοια αυτή, τα Internet-based DAMS καθίστανται μια αδιαμφισβήτητη αναγκαιότητα. Πιο αναλυτικά, μια λύση που βασίζεται στη γενική προσέγγιση της Εικόνας 1Β παρέχει μερικά αξιοζήλευτα πλεονεκτήματα :

1. Η αποθήκευση, αντιγραφή και διαχείριση των δεδομένων μπορεί να γίνει ακολουθώντας μια κατανεμημένη λογική μέσω της αξιοποίησης διαφορετικών εξυπηρετητών οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω δικτύου. Με αυτό τον τρόπο, ένας οργανισμός ενεργοποιεί το διαμοιρασμό πόρων (resource sharing) και επεκτείνει κλιμακωτά τις ηλεκτρονικές εφαρμογές και δυνατότητες αποθήκευσής του ενώ, αντίστοιχα, μειώνει το κόστος της συντήρησης μεγάλων και δύσχρηστων κεντρικοποιημένων αποθηκών δεδομένων (centralized repositories).
2. Όλες οι ομάδες χρηστών (collectors, managers, researchers, consumers) επικοινωνούν με το σύστημα μέσω τυπικών TCP/IP συνδέσεων. Οι χρήστες ενεργοποιούν τις εφαρμογές του συστήματος ακόμη και όταν βρίσκονται πολύ μακριά από τις υφιστάμενες υποδομές του. Η εξάλειψη της απόστασης μειώνει, προφανώς, εργασιακά και οικονομικά κόστη. Για παράδειγμα, ένας collector ανεβάζει ψηφιακά δεδομένα από ένα απομακρυσμένο τερματικό γραφείου (desktop PC), ένας ιστοριογράφος ή βιβλιοθηκονόμος (researcher) σχολιάζει με μεταδεδομένα τα ηλεκτρονικά εκθέματα ενός μουσείου/βιβλιοθήκης από το γραφείο του, ένας φοιτητής (consumer) παραλαμβάνει τα on-line μαθήματά του κατευθείαν στο σπίτι του, κτλ.
3. Η διαφήμιση, προβολή και εμπορική αξιοποίηση των ψηφιακών αντικειμένων ανοίγει σε μια ατέλειωτη λίστα από πιθανούς καταναλωτές (consumers). Το Διαδίκτυο ενισχύει τις υπηρεσίες ηλεκτρονικού εμπορίου μεταξύ χρηστών και επιχειρήσεων. Για παράδειγμα, ένα on-line ηλεκτρονικό βιβλιοπωλείο πουλάει ή δανείζει τα ψηφιακά του αντικείμενα (βιβλία) σε ηλεκτρονικούς αναγνώστες σε ολόκληρο τον κόσμο. Περαιτέρω, ένας τηλεοπτικός σταθμός διανέμει κινηματογραφικές ταινίες σε μια παγκόσμια λίστα απομακρυσμένων ψηφιακών συνδρομητών (remote digital subscribers).
4. Μπορεί να επιτευχθεί απρόσκοπτη διαθεσιμότητα (uninterruptible availability) στα δεδομένα και τις εφαρμογές, παρέχοντας περισσότερα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη (π.χ. ενίσχυση της αποδοχής και της εμπιστοσύνης του κοινού). Εργασίες όπως το «ανέβασμα» (uploading) ψηφιακών δεδομένων, ο σχολιασμός και η προσθήκη μεταδεδομένων, η διαχείριση του συστήματος και η διανομή ψηφιακών αντικειμένων μπορούν να διεξάγονται και να παρέχονται 24 ώρες το 24ωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα.
5. Το υλικό και το λογισμικό του συστήματος μπορεί να διασπαστεί σε αυτόνομα κομμάτια (multi-tier scheme) με σκοπό την εξυπηρέτηση αυξανόμενου αριθμού πελατών που επικοινωνούν ταυτόχρονα με το σύστημα. Για παράδειγμα, πολλοί φυσικοί εξυπηρετητές μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους για να εξισορροπούν το φόρτο των εισερχόμενων αιτήσεων χρηστών (load balancing) ή για να συγκροτούν συστάδες εξυπηρετητών με σκοπό τη μείωση της πιθανότητας αστοχιών στο υλικό ή το λογισμικό (failover server clusters).

Πέραν των πλεονεκτημάτων, το Διαδίκτυο είναι ευάλωτο σε μια σειρά κινδύνων και απειλών που αφορούν την ασφάλεια στα δεδομένα και στη μεταφορά τους. Τέτοιες απειλές μπορεί να προέρχονται από cyber criminals, hackers, crackers, Internet scams, και άλλες ανήθικες αρχές και οντότητες. Παρουσιάζουμε παρακάτω τους πιο κοινούς τύπους απειλών (threats) που αφορούν τον τομέα εφαρμογής των Internet-based DAMS :

1. **Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση (unauthorized access) :** ένας χρήστης του Διαδικτύου προσποιείται ότι είναι ένας χρήστης του συστήματος με σκοπό να αποκτήσει παράνομα πρόσβαση στα δεδομένα ή στις εφαρμογές του συστήματος.
2. **Δραστηριότητα άνευ δικαιωμάτων (unprivileged activity) :** ένας χρήστης που ανήκει σε μια συγκεκριμένη ομάδα χρηστών αποκτά προνόμια άλλων ομάδων με περισσότερα προνόμια και προβαίνει σε απαγορευτικές ενέργειες.
3. **Αποποίηση της ευθύνης (repudiation) :** ένας χρήστης του συστήματος αρνείται ότι προέβη σε μια ενέργεια, η οποία προκάλεσε μια ενδεχόμενη καταστροφή ή άλλη ζημιά, και το σύστημα δεν είναι σε θέση να βρεί την προέλευση αυτού του χρήστη και, άρα, ούτε να τον ενοχοποιήσει.
4. **Απαγορευμένη παρεμβολή σε μεταδιδόμενα δεδομένα :** η παρακολούθηση πακέτων (packet sniffing) ή ακόμα χειρότερα η τροποποίηση ή διαγραφή μεταδιδόμενων πακέτων είναι πιθανή στην περίπτωση όπου μια αδίστακτη οντότητα αποκτήσει πρόσβαση στο κανάλι επικοινωνίας μεταξύ 2 άλλων οντοτήτων που ανταλλάσσουν πληροφορίες.
5. **Παραποίηση αποθηκευμένου ψηφιακού περιεχομένου :** μια οντότητα αποκτά πρόσβαση και επεμβαίνει σε αποθηκευμένα πολύτιμα ψηφιακά αντικείμενα (ή στον τρόπο αποθήκευσής τους) με σκοπό την τελική παραποίησή τους (π.χ. πλαστογράφησή τους – forgery), το παράνομο κατέβασμά τους (downloading) και τη διάδοσή τους προς το Διαδίκτυο.
6. **Μετάδοση ιών (virus spreading) :** το Internet είναι το τέλειο μέρος για τη δημιουργία, την αναπαραγωγή και τη διασπορά ενός τεράστιου αριθμού malicious προγραμμάτων όπως viruses, worms, trojans, spyware, rootkits, dialers, και άλλων hacking τεχνικών και επιθέσεων όπως denial of service (DoS) attacks, phishing, mail spamming και intrusive advertising. Πολλοί από αυτούς τους τύπους απειλών οδηγούν σε "zombie" δίκτυα μολυσμένων υπολογιστών, μειώνουν την υπολογιστική απόδοση και υπερκαταναλώνουν πόρους, σταματούν ή παρεμποδίζουν τη λειτουργία των υπολογιστικών συστημάτων, αλλοιώνουν ή διαγράφουν δεδομένα και κλέβουν εμπιστευτικές πληροφορίες, συνήθως οικονομικής φύσεως.

3. Τα αποτελέσματά μας – Λειτουργικές απαιτήσεις και απαιτήσεις ασφάλειας

Παρακάτω περιγράφουμε ένα αρχιτεκτονικό μοντέλο ασφάλειας για Internet-based DAMS το οποίο λαμβάνει υπόψιν του και είναι σε θέση να αντιμετωπίσει επαρκώς όλους τους προαναφερθέντες κινδύνους και απειλές

που εγκυμονεί το Διαδίκτυο ενώ, παράλληλα, μπορεί να προσφέρει μια ευρύτατη γκάμα πλεονεκτημάτων, όπως αυτά αναλύθηκαν παραπάνω με βάση την Εικόνα 1Β.

Στην παρούσα φάση αναπτύσσουμε ένα πρωτότυπο (prototype) ενός Internet-based DAMS το οποίο μπορεί να λειτουργήσει σε ένα ιδιαίτερα απαιτητικό συνεργατικό διαδικτυακό περιβάλλον. Το μοντέλο που προτείνουμε έχει τη δυνατότητα κλιμάκωσης και μπορεί να καλύψει πολλαπλές ομάδες χρηστών με διαφορετικά ενδιαφέροντα και προνόμια ενώ, παράλληλα, εγγυάται την ασφάλεια στην αλληλεπίδρασή τους με το σύστημα και τις υποδομές του, προστατεύοντας από διάφορες επιθέσεις κακόβουλων οντοτήτων του Διαδικτύου. Το μοντέλο εγκαθιδρύει ένα περιβάλλον στο οποίο μπορούν να εκτελεστούν και να ολοκληρωθούν ενέργειες και δραστηριότητες όπως αυτές της Εικόνας 1Β (A, B, C, D) με ασφάλεια και αξιοπιστία. Περαιτέρω, έχει σχεδιαστεί ως μια αυτόνομη λύση (standalone solution), ωστόσο, μπορεί να προσαρμοστεί ευέλικτα, είτε τμηματικά είτε ως ολότητα, σε διάφορες υπάρχουσες λύσεις Internet-based DAMS, είτε αυτές είναι εμπορικές (merchant-centric), είτε εξειδικευμένες σε συγκεκριμένους τομείς εφαρμογών (application-specific), είτε ανοιχτού κώδικα (open-source).

Με βάση τη μέχρι τώρα ανάλυση των πλεονεκτημάτων της πρόσβασης στο Διαδίκτυο καθώς και της πρόκλησης της ασφάλειας που πηγάζει από αυτή την πρόσβαση, δίνουμε παρακάτω τις λειτουργικές απαιτήσεις που πιστεύουμε ότι είναι οι πιο κρίσιμες και θα πρέπει να καλύπτονται από κάθε Internet-based DAMS. Για την κάθε απαίτηση αναφέρουμε τις υποθέσεις μας :

1. **Κατηγοριοποίηση χρηστών (user categorization) :** το σύστημα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του τα διαφορετικά ενδιαφέροντα και τις διαφορετικές ανάγκες των πιθανών χρηστών του. Διαχωρίζουμε τους χρήστες σε διακριτές ομάδες χρηστών όπου κάθε ομάδα αποκτά συγκεκριμένα δικαιώματα (ή προνόμια) και, με βάση αυτά, φέρει σε πέρας διακριτούς ρόλους. Με τον τρόπο αυτό, καθορίζουμε μια ακριβή μεθοδολογία για την πρόσβαση στα δεδομένα του συστήματος και στην ενεργοποίηση των διαφόρων υπηρεσιών και εφαρμογών που προσφέρει.
2. **Ευελιξία κατά την αλληλεπίδραση (interaction flexibility) :** το σύστημα πρέπει να παρέχει έναν ενοποιημένο τρόπο πρόσβασης σε όλες τις ομάδες χρηστών του. Αναπτύσσουμε ένα ενοποιημένο GUI προσβάσιμο μέσω Διαδικτύου μέσω του οποίου ολοκληρώνονται όλες οι DAMS εφαρμογές σε μια διεπαφή. Η διεπαφή αυτή είναι προσωποποιήσιμη (personalized) έτσι ώστε να αντανακλά τα δικαιώματα του κάθε χρήστη και να επεκτείνει την όλη διαχειρισιμότητα του συστήματος.
3. **Κλιμάκωση και υψηλή διαθεσιμότητα :** το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει την ευέλικτη προσθήκη απομακρυσμένων χρηστών και, την ίδια στιγμή, να εφαρμόζει τα κατάλληλα εκείνα μέτρα έτσι ώστε να προλαμβάνει καταστάσεις όπως αποτυχίες εξυπηρετητών (server falls), καθυστερήσεις στα μεταφερόμενα δεδομένα, ακύρωση της τρέχουσας εκτέλεσης υπηρεσιών, αδυναμία πρόσβασης στο GUI, κτλ. Κατασκευάζουμε μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική που βασίζεται σε

ενδιάμεσους εξυπηρετητές (median servers) οι οποίοι συνδέονται με μια κεντρική φάρμα εξυπηρετητών (central server farm), συνδεδεμένων σε συστάδες για μείωση αστοχιών (failover clusters). Η αρχιτεκτονική αυτή φαίνεται στην Εικόνα 2Β (model overview) και διευκολύνει την ευέλικτη προσθήκη ενδιάμεσων ή/και κεντρικών εξυπηρετητών κάθε φορά που υπάρχει ανάγκη για υποστήριξη συνδέσεων με νέους χρήστες ή ανάγκη για περισσότερους πόρους.

4. **Τμηματοποίηση και προσαρμοστικότητα (modularity and adaptability) :** η αρχιτεκτονική του συστήματος πρέπει να κατατμείται σε επιμέρους λογικά επίπεδα. Αυτός ο τρόπος της οργάνωσης της αρχιτεκτονικής εγγυάται την αξιόπιστη διαχείριση της ροής των δεδομένων από και πρός το σύστημα καθώς και την έξυπνη χρήση των πόρων του. Υϊοθετούμε ένα σχήμα πολυ-επίπεδης αρχιτεκτονικής (multi-tier architecture scheme) έτσι ώστε να πετύχουμε μια οργάνωση του υλικού και του λογισμικού του συστήματος που να βασίζεται σε επιμέρους κομμάτια ή συστατικά (modular organization). Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζουμε και την ευέλικτη προσαρμογή του συστήματος σε δυναμικές αλλαγές του περιβάλλοντος λειτουργίας του καθώς και σε μελλοντικές τεχνολογικές αλλαγές του υλικού/λογισμικού του.
5. **Έλεγχος ροών εργασιών (workflow control)** : το σύστημα πρέπει να καθορίζει τον κύκλο ζωής των αρχείων (media files, digital assets, proxies) και άλλων διαχειριστικών δεδομένων (metadata, κτλ.) όπως, επίσης, και να επιβλέπει όλες τις ενέργειες που υποβάλλονται ή εκτελούνται από τους χρήστες. Για το σκοπό αυτό, σχεδιάζουμε έναν ιδιαίτερα πειθαρχικό (disciplinary) μηχανισμό ο οποίος εισάγει και επικαθορίζει την αλληλεξάρτηση (interdependence) μεταξύ των δραστηριοτήτων των χρηστών και των δεδομένων και αρχείων του συστήματος. Σύμφωνα με το μηχανισμό αυτό, κάθε επιμέρους ενέργεια (user task) απαιτεί την επιτυχή ολοκλήρωση μιας προηγούμενης ενέργειας.
6. **Σχολιασμός μέσων και εκχώρηση πνευματικών δικαιωμάτων (media annotation and IPR assignment) :** το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει συγκεκριμένα πρότυπα για την προσάρτηση κατάλληλων μεταδεδομένων στα αρχεία του. Δίνουμε τη δυνατότητα σε επιστημονικό προσωπικό (ομάδες χρηστών ερευνητών – researchers) να προσθέτουν περιγραφικά και δομικά μεταδεδομένα σε αρχεία (media files) σύμφωνα με υπάρχοντα ή user-defined σχήματα μεταδεδομένων. Περαιτέρω, εξουσιοδοτούμε τους διαχειριστές του συστήματος (ομάδα χρηστών managers) να αποδίδουν προνόμια σε όλες τις υπόλοιπες ομάδες χρηστών και να προσθέτουν στα αρχεία (που έχουν σχολιάσει οι ερευνητές) διαχειριστικά μεταδεδομένα (IPR).
7. **Προστασία μεταδιδόμενων δεδομένων :** το σύστημα πρέπει να προβλέπει και, στη συνέχεια, να προλαμβάνει οποιαδήποτε απαγορευμένη εξωτερική ανάμειξη που μπορεί να γίνει πάνω στα δικτυακά κανάλια επικοινωνίας της υποδομής του. Για το σκοπό αυτό, απομονώνουμε τη δικτυακή υποδομή του συστήματος σε επιμέρους κομμάτια. Σε κάθε κομμάτι εφαρμόζουμε διάφορες τεχνολογίες που προσφέρουν δικτυακή ασφάλεια

με σκοπό να εγγυηθούμε την ακεραιότητα των δεδομένων που μεταφέρονται μέσω των καναλιών επικοινωνίας και να εμποδίσουμε κακόβουλες ενέργειες όπως το κρυφάκουσμα (eavesdropping), την ανάμειξη (tampering) ή την πλαστογράφησή (forgery) τους.

8. **Διαφύλαξη κρίσιμων πληροφοριών (safekeeping critical information) :** το σύστημα πρέπει να αναχαιτίζει οποιαδήποτε πιθανή μη αποδεκτή ή μη νόμιμη παρέμβαση πάνω στα αποθηκευμένα δεδομένα του. Για το λόγο αυτό, κάνουμε εντατική χρήση διαφόρων μηχανισμών και τεχνικών κρυπτογράφησης έτσι ώστε να παρεμποδίσουμε οποιαδήποτε παραποίηση (counterfeiting) ή μη εξουσιοδοτημένη χρήση αρχείων (media files, digital assets, proxies) και άλλων διαχειριστικών πληροφοριών (metadata, δικαιωμάτων χρηστών, κτλ.). Επιπλέον, επιφορτίζουμε τους διαχειριστές του συστήματος με το επιπλέον έργο της συνεχούς εξονυχιστικής εξέτασης (scrutiny) των αποθηκευμένων δεδομένων με σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση και την επιδιόρθωση οποιωνδήποτε πιθανών αποκλίσεών τους. Ειδικά για την περίπτωση των digital assets, ακριβώς επειδή αυτά αποτελούν και τα πιο πολύτιμα αρχεία του συστήματος, τα προστατεύουμε από πρόωρες ή μελλοντικές μη εξουσιοδοτημένες μετατροπές, κλειδώνοντας την κατάσταση στην οποία βρίσκονται. Τη διαδικασία αυτή την αποκαλούμε *state stamping*. Σύμφωνα με αυτήν, εφόσον δημιουργηθεί, κάθε digital asset *κλειδώνει* σε μια κατάσταση όπου κανένας χρήστης του συστήματος ή οποιαδήποτε άλλη πιθανή οντότητα του Διαδικτύου (π.χ. attacker) δεν είναι ικανή να την τροποποιήσει χωρίς αυτή να ανιχνευτεί.

Παράλληλα με τις παραπάνω λειτουργικές απαιτήσεις, υπάρχει και μια σειρά απαιτήσεων ασφάλειας οι οποίες θα πρέπει να καλύπτονται εντός ενός διαδικτυακού περιβάλλοντος στο οποίο τίθεται σε επιχειρησιακή ετοιμότητα ένα Internet-based DAMS. Κατά την ανάπτυξη του αρχιτεκτονικού μοντέλου ασφάλειας που προτείνουμε, απαιτήθηκε μια ιδιαίτερα αυστηρή και προσεκτική ανάλυση όλων των πιθανών τεχνικών (και μη) προδιαγραφών που αφορούν την ασφάλεια. Με την ανάλυση αυτή των προδιαγραφών και, περαιτέρω, με την κάλυψη των απαιτήσεων ασφάλειας που προκύπτουν, δίνουμε ιδιαίτερη έμφαση στην τόνωση της εμπιστοσύνης του κοινού (people's trust) πάνω σε Internet-based DAMS και στις εφαρμογές που προσφέρουν μέσω του Διαδικτύου.

Συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις ασφάλειας στις οποίες καταλήξαμε είναι :

1. **Εμπιστευτικότητα (confidentiality) :** οποιαδήποτε διαρροή κρίσιμων πληροφοριών του συστήματος σε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες ή ολόκληρες ομάδες χρηστών είναι μη αποδεκτή. Επιπλέον, όλα τα κανάλια επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών και του συστήματος θα πρέπει να προστατεύονται από ενεργητικές ή παθητικές επιθέσεις (active or passive attacks). Παραδείγματα ενεργητικών επιθέσεων είναι η τροποποίηση και η διαγραφή πακέτων ενώ παθητικών επιθέσεων η παρακολούθηση πακέτων (packet sniffing, eavesdropping). Η εμπιστευτικότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης Εικονικών Ιδιωτικών Δικτύων (Virtual Private

Networks – VPN), τεχνικών υδατοσήμανσης και αποτελεσματική διαχείριση προνομίων και πνευματικών δικαιωμάτων (IPR).

2. **Ακεραιότητα (integrity)** : καμία μη εξουσιοδοτημένη αλλαγή πάνω σε αποθηκευμένα ή μεταδιδόμενα δεδομένα δεν θα πρέπει να συμβαίνει. Η ακεραιότητα δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω του υπολογισμού hash και message authentication code (MAC) συναρτήσεων.
3. **State stamping :** όταν έχει ολοκληρωθεί μια διαδικασία σχολιασμού στα αρχεία (τεκμηρίωσης με περιγραφικά ή/και δομικά μεταδεδομένα από τους researchers και διαχειριστικά – IPR από τους managers), τα προκύπτοντα ψηφιακά προϊόντα (digital assets) κλειδώνουν σε μια σταθερή κατάσταση (steady state). Το σύστημα σταμπάρει αυτή την κατάσταση (stamps the state) κάθε digital asset προκειμένου να μην είναι δυνατές οποιεσδήποτε μελλοντικές τροποποιήσεις χωρίς αυτές να ανιχνευθούν. Η διαδικασία state stamping μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών αποτυπωμάτων (electronic fingerprints) και του ελέγχου hash τιμών (checking hash values).
4. **Διαθεσιμότητα (availability) :** όλες οι πληροφορίες που είναι καταχωρημένες στο σύστημα θα πρέπει ανα πάσα στιγμή να είναι διαθέσιμες σε οποιονδήποτε εξουσιοδοτημένο χρήστη (ή ομάδα χρηστών) ενώ το σύστημα θα πρέπει να αποδέχεται και να ικανοποιεί απρόσκοπτα αιτήσεις που προέρχονται από εξουσιοδοτημένους χρήστες, υποκείμενες βέβαια στις προκαθορισμένες απαιτήσεις απόδοσης. Η διαθεσιμότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εγκατάστασης κεντρικών failover clusters. Αυτοί επιτελούν αντιγραφή δεδομένων (data path replication) όπου είναι απαραίτητο και λειτουργούν ως εξισορροπιστές (load balancers) όταν παρατηρείται διακίνηση μεγάλου δικτυακού φόρτου δεδομένων.
5. **Υπευθυνότητα – μη αποποίηση της ευθύνης (accountability – non repudiation) :** μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και τροποποίηση media αρχείων όπως, επίσης, και η παράνομη διακίνηση ή άλλη οικονομική απάτη πάνω σε proxies θα πρέπει να ανιχνεύεται. Ταυτόχρονα θα πρέπει να εξιχνιάζονται οι χρήστες ή οι οντότητες (δηλαδή οι creators, medians, viewers) που προβαίνουν σε τέτοιες ενέργειες. Η μη αποποίηση της ευθύνης είναι η απώλεια της ικανότητας ενός προσώπου να αρνηθεί μια πράξη την οποία διέπραξε και, για το λόγο αυτό, είναι αλληλένδετη, ως μια επιπλέον ιδιότητα ασφάλειας, με την υπευθυνότητα (accountability). Αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση μηχανισμών ηλεκτρονικών υπογραφών (electronic signing), commitment πρωτοκόλλων και υδατοσήμανσης.
6. **Ανθεκτικότητα (robustness) :** το σύστημα θα πρέπει να είναι προφυλαγμένο από οποιαδήποτε πιθανή επίθεση που μπορεί να δεχτεί από το Διαδίκτυο ή άλλη απειλή. Απειλές και επιθέσεις μπορεί να προκαλούνται από τον ανθρώπινο παράγοντα όπως, επίσης, και να οφείλονται σε φυσικά αίτια. Η ανθεκτικότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσω της τοποθέτησης hardware firewalls τα οποία τοποθετούνται μπροστά από τους median και central servers. Τα firewalls θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με antivirus λογισμικό το οποίο ενημερώνεται αυτόματα από

το Διαδίκτυο. Τέλος, είναι απαραίτητη η φυσική προστασία του συστήματος από φυσικές καταστροφές.

4. Περιβάλλον λειτουργίας

Τα βασικά συστατικά του αρχιτεκτονικού μοντέλου ασφάλειας που προτείνουμε απεικονίζονται στην Εικόνα 2Β. Παρακάτω δίνουμε μια αναλυτική παρουσίασή τους :

1. **Χρήστες ή πελάτες (clients) :** αλληλεπιδρούν με το σύστημα μέσα από ένα ενοποιημένο γραφικό περιβάλλον (unified GUI). Το GUI είναι προσβάσιμο μέσω web και υλοποιείται με τη μορφή διαδικτυακών ιστοσελίδων (web sites). Οι clients υποβάλλουν HTTPS αιτήσεις (αξιοποιώντας το SSL/TLS πρωτόκολλο) πρός τους εξυπηρετητές του συστήματος χρησιμοποιώντας τα προγράμματα φυλλομετρητή τους (web browsers, π.χ. Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Safari, κτλ.).

   Οι χρήστες διαχωρίζονται σε 4 μεγάλες κατηγορίες : managers (διαχειριστές του συστήματος), content creators (παραγωγοί ή παροχείς ψηφιακού περιεχομένου), researchers (ερευνητικό και επιστημονικό προσωπικό τεκμηρίωσης περιεχομένου) και viewers (καταναλωτές ψηφιακών αντικειμένων και πληρεξουσίων). Οι πρώτες 3 κατηγορίες (managers, creators, researchers) αποτελούν μια σχετικά μικρή ομάδα από γνωστούς, και άρα έμπιστους, χρήστες $(1,\ldots,u)$. Αντίθετα, η κατηγορία των viewers είναι μια εν δυνάμει τεράστια ομάδα μη γνωστών, και άρα μη έμπιστων, χρηστών $(1_{,1},\ldots 1_{,m}, 2_{,1},\ldots,2_{,n},\ldots,p_{,1},\ldots,p_{,q})$. Οι managers, creators και researchers επικοινωνούν απευθείας με την central server farm μέσω υψηλού εύρους ζώνης VPN συνδέσεων. Οι viewers επικοινωνούν με τους median servers (διαφορετικός αριθμός viewers για κάθε έναν median) μέσω τυπικών TCP/IP διαδικτυακών συνδέσεων.
2. **Ενδιάμεσοι εξυπηρετητές (median servers) :** δέχονται τις HTTPS αιτήσεις που υποβάλλουν οι viewers και, στη συνέχεια, αναζητούν και βρίσκουν τα κατάλληλα δεδομένα για να τα επιστρέψουν, τελικά, πίσω στους viewers που υπέβαλλαν τις αντίστοιχες αιτήσεις. Κάθε median υλοποιεί μια πολυ-επίπεδη αρχιτεκτονική η οποία αποτελείται από τα εξής επίπεδα από πάνω πρός τα κάτω : παρουσίασης (GUI), διαδικτύου (HTTPS αιτήσεις), εφαρμογών (business logic), βάσεων δεδομένων (DBMS και διαχείριση επερωτήσεων) και αρχείων (storage repository). Οι medians είναι γεωγραφικά διασκορπισμένοι έτσι ώστε να αποδέχονται αιτήσεις από όσο το δυνατόν πιο κοντινούς πρός αυτούς viewers ενώ επικοινωνούν με την central server farm μέσω υψηλού εύρους ζώνης VPN συνδέσεων.
3. **Κεντρική φάρμα εξυπηρετητών (central server farm) :** αποτελείται από εξυπηρετητές οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός γρήγορου τοπικού δικτύου (LAN). Οι εξυπηρετητές δέχονται HTTPS αιτήσεις μόνο από γνωστούς (έμπιστους) χρήστες, δηλαδή από τις κατηγορίες managers, creators και researchers. Επιπλέον, ακολουθούν την ίδια πολυ-επίπεδη

αρχιτεκτονική με τους medians ενώ είναι έτσι εγκατεστημένοι έτσι ώστε να σχηματοποιούν failover clusters.

Για επίτευξη απαιτήσεων όπως η υψηλή διαθεσιμότητα δεδομένων και εφαρμογών καθώς και η εξισορρόπηση φόρτου, κάθε cluster μπορεί να είναι αφιερωμένο σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο της πολυ-επίπεδης αρχιτεκτονικής του συστήματος. Για το λόγο αυτό μπορεί να υπάρχουν τα web, application, database και file server clusters. Επιπλέον, κάθε cluster παραμετροποιείται σε διάταξη active/active, δηλαδή η κίνηση που περνά διαμέσου ενός κόμβου που απέτυχε (failed node) περνά αμέσως σε έναν άλλο κόμβο ο οποίος είναι ενεργός (alive node).

Η central farm επικοινωνεί με τους managers, creators, researchers αλλά και τους medians μέσω υψηλού εύρους ζώνης VPN συνδέσεων, όπως έχει ήδη ειπωθεί. Τις συνδέσεις αυτές αναλαμβάνει να εγκαθιστά και να διαχειρίζεται ένας VPN server ο οποίος βρίσκεται εντός της central farm. Αυτός ο server παράγει και αποστέλλει μοναδικά VPN certificates πρός τον κάθε VPN client (manager, creator, researcher, median). Προφανώς, ο VPN server δεν απαιτεί ένα φυσικό μηχάνημα εξυπηρετητή για να εκτελεστεί (χωρίς βέβαια να αποκλείεται και μια τέτοια περίπτωση). Αντιθέτως, μπορεί να εγκατασταθεί σε κάποιον από τους ήδη υπάρχοντες κεντρικούς εξυπηρετητές της φάρμας και να εκτελείται εκεί ως υπηρεσία λογισμικού (daemon).

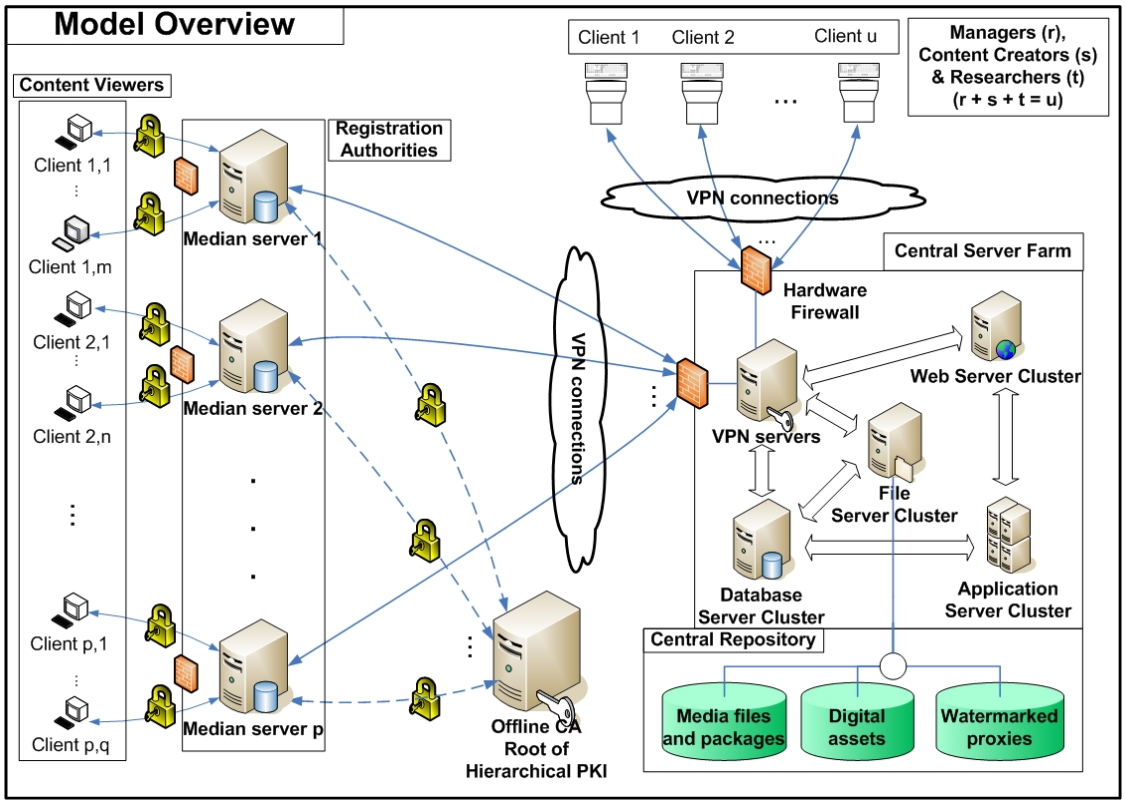
Τέλος, για λόγους φυσικής προστασίας, η central farm μπορεί να βρίσκεται σε ένα προφυλασσόμενο δωμάτιο εφοδιασμένο με κατάλληλα κλιματιστικά μηχανήματα καθώς και κάμερες 24 – ωρης παρακολούθησης.

4. **Hardware firewalls :** τοποθετούνται μπροστά από την central farm (συγκεκριμένα μπροστά από το φυσικό μηχάνημα κεντρικού εξυπηρετητή στον οποίο είναι εγκατεστημένος ο VPN server) και μπροστά από κάθε median server. Τα firewalls έχουν εγκατεστημένα προγράμματα antivirus τα οποία ενημερώνονται αυτομάτως από το Διαδίκτυο και εμποδίζουν την εισδοχή στο σύστημα (medians, central farm) διαφόρων malicious προγραμμάτων όπως viruses, worms, trojans, spyware, rootkits, dialers. Επιπλέον, αποτρέπουν διάφορες κατηγορίες επιθέσεων όπως denial of service (DoS) attacks, phishing, mail spamming και intrusive advertising.

   Τα firewalls χρησιμοποιούνται για να απενεργοποιούν την δικτυακή κίνηση που δέχεται κάθε εξυπηρετητής (median, central) μέσω των θυρών του (ports). Συγκεκριμένα, όλες οι θύρες στους εξυπηρετητές απενεργοποιούνται εκτός από αυτές που αφορούν το VPN δίκτυο και τις HTTPS αιτήσεις (πρωτόκολλο SSL/TLS) είτε από τους viewers (πρός τους medians) είτε από τους managers, creators, researchers (πρός τους central servers).
5. **Απομονωμένη Αρχή Πιστοποίησης (isolated Certification Authority – offline root CA) :** οι viewers επικοινωνούν με τους medians μέσω μιας ιεραρχικής Υποδομής Δημοσίου Κλειδιού (hierarchical Public Key Infrastructure). Για την εγκαθίδρυση της υποδομής αυτής χρησιμοποιείται μια Αρχή Πιστοποίησης (φυσικό μηχάνημα εξυπηρετητή) η οποία είναι τελείως απομονωμένη από το δίκτυο. Αυτή παράγει p πιστοποιητικά, ένα

για τον κάθε median server. Όταν ένας median λάβει το πιστοποιητικό από την CA, αυτομάτως μετατρέπεται σε μια Αρχή Εγγραφής (Registration Authority – RA).

Κάθε RA δέχεται αιτήσεις από τους viewers που αφορούν την έκδοση πιστοποιητικών γι' αυτούς. Συγκεκριμένα, ένας οποιοσδήποτε viewer συμπληρώνει και υποβάλλει διαδικτυακά μια Αίτηση Υπογραφής Πιστοποιητικού (Certificate Signing Request – CSR) πρός την κοντινότερη RA (δηλαδή πρός τον κοντινότερο πρός αυτόν median). Τότε η RA αποδέχεται την CSR (ή αντίστοιχα την απορρίπτει) και παράγει (ή όχι) το πιστοποιητικό που αντιστοιχεί στον συγκεκριμένο viewer. Τελικά, ο viewer ενημερώνεται για την έκδοση του πιστοποιητικού του και το παραλαμβάνει από την ιστοσελίδα της RA. Το πιστοποιητικό εγκαθίσταται αυτόματα στο πρόγραμμα φυλλομετρητή του viewer (βλέπε Κεφάλαιο 7, Σημείο 8) ο οποίος είναι, στη συνέχεια, πλήρως εξουσιοδοτημένος για να προσπελάσει την επίσημη ιστοσελίδα του median server (και άρα το GUI του συστήματος).



Εικόνα 2Β. Η γενική σχηματική εποπτεία του αρχιτεκτονικού μας μοντέλου για Internet-based DAMS

6. **Κεντρική αποθήκη δεδομένων (central repository) :** βρίσκεται στο επίπεδο αρχείων της πολυ-επίπεδης αρχιτεκτονικής της central farm και αποτελεί την κεντρική περιοχή αποθήκευσης (σύστημα αρχείων – file system) όπου αποθηκεύονται με ασφάλεια όλα τα media files, media packages, digital assets και watermarked proxies. Ακολουθώντας ένα προγραμματιζόμενο σχέδιο ανάκαμψης (contingency plan), η αποθήκη

μπορεί να επιτελεί αντιγραφή των δεδομένων της όπου και όταν είναι απαραίτητο έτσι ώστε να βελτιώνει την οποιαδήποτε ανοχή του συστήματος σε λάθη (fault tolerance) καθώς και να προσδίδει περαιτέρω υψηλή διαθεσιμότητα στα αιτούμενα δεδομένα. Τα υπόλοιπα δεδομένα του συστήματος στα οποία μπορεί να συμπεριλαμβάνονται μεταδεδομένα, IPR, διαπιστευτήρια χρηστών (user credentials όπως username, password), δικαιώματα, ροές εργασιών, σχήματα μεταδεδομένων, κτλ., αποθηκεύονται απευθείας στις βάσεις δεδομένων της central farm (επίπεδο βάσεων δεδομένων) και η διαχείρισή τους γίνεται από το DBMS. Οι βάσεις δεδομένων αποθηκεύουν, επίσης, τα απόλυτα μονοπάτια των αρχείων (file paths), δηλαδή το πού ακριβώς βρίσκονται εντός της κεντρικής αποθήκης δεδομένων (διαδικασία indexing των αρχείων). Με τον τρόπο αυτό επικοινωνούν τα επίπεδα αρχείων και βάσεων δεδομένων εντός της central farm.

7. **Media files** : οι creators «ανεβάζουν» ακατέργαστα media files στην central farm και, στη συνέχεια, τα μετατρέπουν σε διάφορα formats ενεργοποιώντας εξειδικευμένες τεχνικές κωδικοποίησης και συμπίεσης. Τα κωδικοποιημένα media files αποθηκεύονται στην κεντρική αποθήκη δεδομένων. Μερικά παραδείγματα formats για ακατέργαστα media files είναι τα device independent bitmaps ή unanimated GIFs (για εικόνες), audio-video interleaved AVI (για βίντεο), wave format WAV (για ήχο), κτλ. Παραδείγματα formats που μπορεί να έχουν τα κωδικοποιημένα αρχεία είναι τα JPG, PPM, TIFF, GIF, BMP (για εικόνες), MPEG, DivX, WMV (για βίντεο), MP3 (για ήχο), PDF, ASCII (για κείμενο), κτλ.
8. **Media packages** : οι managers συγκεντρώνουν διάφορα media files που έχουν προκύψει από την προηγούμενη διαδικασία της μετατροπής, σε συλλογές που καλούνται media packages. Πρίν τη δημιουργία ενός media package, ο manager που το δημιουργεί αναθέτει σ' αυτό και μια λίστα από researchers. Ένας researcher που είναι σε μια τέτοια λίστα έχει το δικαίωμα να τεκμηριώσει με περιγραφικά/δομικά μεταδεδομένα ένα ή περισσότερα media files του αντίστοιχου media package.
9. **Digital assets** : όταν μια λίστα researchers έχει ολοκληρώσει την τεκμηρίωση ενός media package, ο manager που το δημιούργησε προσθέτει σ' αυτό τα αντίστοιχα διαχειριστικά μεταδεδομένα (IPR), δηλαδή πληροφορίες που αφορούν το νομικό ιδιοκτησιακό καθεστώς (copyright) του πακέτου (ή των αρχείων που εμπεριέχονται σ' αυτό), δικαιώματα που μπορεί να απορρέουν από το καθεστώς αυτό, κτλ. Αφού τελειώσει και ο manager με την ανάθεση των IPR, δημιουργείται από το media package το αντίστοιχο digital asset (media package + metadata + IPR). Αυτό κλειδώνει και αποθηκεύεται με ασφαλή τρόπο στην κεντρική αποθήκη δεδομένων.
10. **Watermarked proxies** : οι viewers συνδέονται με τους medians και υποβάλλουν αιτήσεις για digital assets και για να επιτελέσουν διάφορες ενέργειες πάνω σ' αυτά (π.χ. προεπισκόπηση και προβολή, «κατέβασμα», αναπαραγωγή, ανάγνωση, τροποποίηση, αντιγραφή, κτλ.). Ο median που θα δεχτεί τις αντίστοιχες αιτήσεις αποστέλλει τα asset IDs (για τα οποία

ενδιαφέρονται οι viewers που υπέβαλλαν τις αιτήσεις) στην central farm. Αυτή, στη συνέχεια, βρίσκει τα ζητούμενα digital assets, τα ξεκλειδώνει και ξεκινά μια διαδικασία υδατοσήμανσης. Η υδατοσήμανση χρησιμοποιείται για την αποτύπωση των στοιχείων του median (π.χ. IP ή άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά) πάνω σε ένα ή περισσότερα media files που εμπεριέχονται στα digital assets. Η ολοκλήρωση της διαδικασίας υδατοσήμανσης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή για κάθε digital asset και του αντίστοιχου watermarked proxy. Τα proxies μεταφέρονται πρός τον (ή τους) median που υπέβαλλε αρχικά την αίτηση. Τελικά, ο median, πρίν την αποστολή ενός proxy σε έναν viewer, προσθέτει και ένα επιπλέον υδατόσημο σ' αυτό. Αυτό το υδατόσημο αποτυπώνει τα στοιχεία (π.χ. user credentials) του συγκεκριμένου viewer πάνω σε ένα ή περισσότερα media files που εμπεριέχονται στο proxy.

5. Θέματα σχεδιασμού των βασικών μερών του μοντέλου

Παρακάτω περιγράφουμε όλους εκείνους τους τρόπους με τους οποίους καλύπτουμε τις απαιτήσεις ασφάλειας που συζητήθηκαν στο Κεφάλαιο 3. Συγκεκριμένα, αναλύουμε τα βασικά συστατικά μέρη του αρχιτεκτονικού μας μοντέλου και τις κρυπτογραφικές αρχές και πρωτόκολλα που χρησιμοποιούμε σ' αυτά.

1. **Χρήση commitment πρωτοκόλλου σε media packages :** ένα σοβαρό θέμα που ανακύπτει κατά τη συλλογή media files από έναν manager για τη δημιουργία ενός media package, είναι η ανάθεση της λίστας με τους researchers που θα έχουν πρόσβαση (για τεκμηρίωση) στα media files του package από αυτόν τον manager. Αυτή η ανάθεση θα πρέπει να γίνεται με τρόπο ώστε ο manager που την έκανε να μην μπορεί να αρνηθεί την πράξη του αυτή και, επιπλέον, μόνο αυτός ο manager να έχει το δικαίωμα να την τροποποιεί όπως και να τροποποιεί το περιεχόμενο του package (π.χ. να προσθέτει ή να αφαιρεί εκ των υστέρων έναν ή περισσότερους researchers από τη λίστα, να προσθέτει ή να αφαιρεί media files στο/από το package).

   Η διασφάλιση της διαδικασίας της ανάθεσης απαιτεί τη χρήση ενός bit commitment πρωτοκόλλου και σχετίζεται άμεσα με τις απαιτήσεις ακεραιότητας και υπευθυνότητας. Το commitment κατατίθεται από έναν manager και οι αντίστοιχες πληροφορίες (λίστα με τους researchers) αποστέλλονται στην central farm η οποία επιτελεί τους απαραίτητους ελέγχους (checkings). Η ολοκλήρωση των ελέγχων αυτών οδηγεί σε μια επαληθεύσιμη κατάσταση (verifiable state) κατά την οποία μόνο ο manager που κατέθεσε το commitment μπορεί να προσπελάσει τόσο το ίδιο το media package όσο και τη λίστα με τους researchers του. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται και η εμπιστευτικότητα στα media packages αφού αποφεύγεται τυχόν πρόωρη διαρροή των πληροφοριών ή μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις πάνω σ' αυτά.

Συμπερασματικά, μόνο ο manager που δημιουργεί ένα media package έχει το δικαίωμα : 1) να προσθέσει/αφαιρέσει media files στο/από το media package και 2) να ενημερώσει (update) τη λίστα με τους researchers του.

2. **Αποφυγή τροποποιήσεων σε digital assets :** όταν μέρος ή όλα τα media files ενός media package έχουν τεκμηριωθεί από τους researchers (αυτούς που ανήκουν στη λίστα του package), το package λαμβάνει και τα διαχειριστικά μεταδεδομένα (IPR) από τον manager που το δημιούργησε. Τότε κλειδώνει ως digital asset εντός της κεντρικής αποθήκης δεδομένων. Θεωρούμε τα digital assets ως τις πλέον πολύτιμες πληροφορίες του συστήματος και για το λόγο αυτό τα κλειδώνουμε έτσι ώστε να μπορούμε να ανιχνεύουμε τυχόν απαγορευμένες παρεμβάσεις ή εκ των υστέρων τροποποιήσεις πάνω σ' αυτά. Με τον τρόπο αυτό καλύπτουμε τις απαιτήσεις της ακεραιότητας και του state stamping.

   Ένας έξυπνος τρόπος ανίχνευσης παράνομων τροποποιήσεων είναι η χρήση ηλεκτρονικών αποτυπωμάτων (fingerprints) για το κλείδωμα των digital assets. Κάθε φορά που απαιτείται η χρήση ενός digital asset (π.χ. για τη δημιουργία ενός proxy), τσεκάρεται αν το αποτύπωμά του, το οποίο είναι ουσιαστικά μια hash τιμή, εξακολουθεί να έχει την ίδια τιμή με την αρχική του. Αν δεν την έχει τότε ένα μήνυμα λάθους ενημερώνει τον manager που δημιούργησε το digital asset (δηλαδή τον manager που έφτιαξε το media package από το οποίο προήλθε και το συγκεκριμένο asset). Μετά από αυτό, το σύστημα δεν επιτρέπει καμία πρόσβαση στο συγκεκριμένο asset παρά μόνο στον manager που το δημιούργησε.
3. **Διαδικασία hashing των μεταδεδομένων και άλλων διαχειριστικών πληροφοριών :** πρίν την αποθήκευση κρίσιμων πληροφοριών στις βάσεις δεδομένων της central farm αυτές θα πρέπει να προστατεύονται περαιτέρω έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ακεραιότητά τους. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούμε την HMAC – MD5 hash συνάρτηση (που χρησιμοποιείται κατά τη συγγραφή των SQL queries και ενεργοποιείται εντός του DBMS) για την αποθήκευση user credentials (username, password) και μεταδεδομένων που ανατίθενται σε media packages από researchers (περιγραφικά/δομικά) και managers (διαχειριστικά – IPR). Με τον τρόπο αυτό προλαμβάνουμε την αποκάλυψη κρίσιμων πληροφοριών που μπορεί να συμβεί σε περιπτώσεις όπως η κλοπή ενός database server ή ένας αδίστακτος manager που έχει δικαίωμα πρόσβασης σε έναν ή περισσότερους database servers (και στο αντίστοιχο DBMS).
4. **Πιστοποίηση των viewers :** η εμπιστευτικότητα κατά την επικοινωνία των viewers με τους median servers είναι ιδιαίτερα σημαντική. Χρησιμοποιούμε μια ιεραρχική PKI υποδομή για να διασφαλίζουμε ότι μόνο πιστοποιημένοι viewers αλληλεπιδρούν κάθε φορά με το σύστημα και ότι αυτοί συνδέονται μόνο με τους medians που εξέδωσαν τα πιστοποιητικά τους. Η ιεραρχία της υποδομής βασίζεται σε μια δενδρική δομή η οποία υλοποιεί την ιδέα της κατανομής των αιτήσεων των viewers για πιστοποιητικά πρός τους medians στους οποίους αυτοί άμεσα

συνδέονται. Αυτή η ιδέα συνδυάζεται άριστα με τη λειτουργική απαίτηση της κλιμάκωσης του συστήματος.

Μια offline CA αποτελεί τη ρίζα (root) του δένδρου, οι medians (RAs) το 1ο επίπεδο και οι viewers το 2ο επίπεδο της ιεραρχίας. Τα πιστοποιητικά μεταφέρονται από τη ρίζα πρός τα κατώτερα επίπεδα. Η PKI υποδομή συμπεριλαμβάνει : 1) τη χρήση του X.509 προτύπου για την έκδοση πιστοποιητικών δημοσίου κλειδιού, 2) asymmetric-key αλγόριθμους (π.χ. RSA), 3) symmetric block ciphers (π.χ. triple-DES), 4) ψηφιακές υπογραφές (digital signatures) και 5) ειδικά formats μηνυμάτων που χρησιμοποιούνται κατά την υποβολή των αιτήσεων για πιστοποιητικά από CAs (π.χ. PKCS#10 και SPKAC).

5. **Ασφάλιση των δικτυακών καναλιών επικοινωνίας :** για την παραπέρα ενίσχυση της εμπιστευτικότητας, εγκαθιδρύουμε ένα VPN δίκτυο για την επικοινωνία μεταξύ των managers, creators, researchers και medians με την central farm. Εγκαθιστούμε VPN συνδέσεις μεταξύ 2 οντοτήτων χρησιμοποιώντας SSL συνόδους οι οποίες βασίζονται στην πιστοποίηση διπλής κατεύθυνσης (δηλαδή κάθε πλευρά θα πρέπει να διαθέτει το δικό της VPN πιστοποιητικό). Χρησιμοποιούμε ένα block cipher και ένα fingerprint (hash value) για την κρυπτογράφηση/αποκρυπτογράφηση των μεταδιδόμενων πακέτων καθώς και την HMAC κατασκευή για την πιστοποίηση της αυθεντικότητάς τους. Με τον τρόπο αυτό εξαλείφονται παθητικές επιθέσεις όπως packet sniffing και eavesdropping.

   Ωστόσο, ακόμη κι αν η κρυπτογράφηση των πακέτων είναι αρκετά ισχυρή για να διαρραγεί και να αποκαλυφθεί το περιεχόμενό τους, δεν αποτρέπει οντότητες ενεργητικών επιθέσεων (active attackers) να παρεισφρήσουν εντός ενός καναλιου επικοινωνίας και να προσθέσουν, να τροποποιήσουν τη σειρά ή ακόμη και να διαγράψουν πακέτα. Οι ενεργητικές επιθέσεις αντικρούονται αποτελεσματικά με την ανάθεση στα πακέτα μοναδικών IDs (timestamps) τα οποία μπορούν, στη συνέχεια, να ανιχνεύσουν οι παραλήπτες. Με τον τρόπο αυτό, αυτοί καθίστανται σίγουροι ότι ποτέ δεν θα λαμβάνουν ένα πακέτο με το ίδιο timestamp 2 φορές.

6. **Τεχνικές υδατοσήμανσης σε proxies :** μια κύρια απαίτηση που αφορά το αρχιτεκτονικό μας μοντέλο είναι το γεγονός ότι μόνο πιστοποιημένοι viewers θα πρέπει να λαμβάνουν ορθά και με ασφάλεια τα proxies για τα οποία έχουν υποβάλλει αιτήσεις (ή έχουν παραγγείλει). Επιπλέον, οι viewers που λαμβάνουν proxies θα πρέπει να είναι σίγουροι ότι αυτά τα λαμβάνουν από μια νόμιμη αρχή (median server) και ότι το περιεχόμενό τους δεν είναι ψεύτικο ή παραποιημένο (fraudulent). Περαιτέρω, το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να αποδώσει την προέλευση οποιουδήποτε πιθανού median ή viewer ο οποίος διανέμει παράνομα ένα νόμιμα αποκτημένο proxy (εδώ μπορούμε να θεωρήσουμε έναν median ως μια γνωστή αλλά όχι απαραίτητα έμπιστη οντότητα).

   Και στις 2 περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια διαδικασία υδατοσήμανσης με σκοπό την επιβολή μιας πολιτικής αποτυπωμάτων (fingerprinting policy) πάνω στα διακινούμενα proxies. Αυτή η πολιτική

αφορά την προσθήκη σε ένα ή περισσότερα media files του proxy των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών (αποτυπωμάτων) της οντότητας πρός την οποία προορίζεται (median, viewer). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η εμπιστευτικότητα και η υπευθυνότητα στα διακινούμενα proxies. Η διαδικασία της υδατοσήμανσης ολοκληρώνεται σε 2 στάδια : 1) για την αποστολή ενός proxy πρός έναν median η central farm αποτυπώνει το όνομα του median (ή trademark) ως υδατόσημο πάνω σε ένα ή περισσότερα media files του αντίστοιχου digital asset (από το οποίο θα παραχθεί το proxy). 2) για την αποστολή ενός proxy σε έναν viewer, ο median αποτυπώνει τα credentials του viewer ως επιπλέον υδατόσημο πάνω σε ένα ή περισσότερα media files του proxy.

6. Υψηλού επιπέδου περιγραφή της ροής εργασιών του μοντέλου

Μια κυρίαρχη λειτουργική απαίτηση του αρχιτεκτονικού μας μοντέλου είναι η αυστηρή σύνδεση του κύκλου ζωής των δεδομένων στο σύστημα με τις ενέργειες που επιτελούν οι χρήστες (user tasks). Για το λόγο αυτό αναπτύσσουμε έναν μηχανισμό ροών εργασιών (workflow mechanism) ο οποίος εγγυάται την επίβλεψη της αλληλεπίδρασης των χρηστών του συστήματος και την άρρηκτη σύνδεσή της με την παραγωγή και τη διαχείριση των πληροφοριών του.

Κάθε media file, από την ώρα της εισαγωγής του στο σύστημα μέχρι την ώρα που αυτό θα καταστεί έτοιμο για διανομή πρός τους viewers, περνά από συγκεκριμένες φάσεις που επικαθορίζονται από το μηχανισμό ροών εργασιών. Σε κάθε φάση ορίζονται συγκεκριμένες ενέργειες που μπορούν να επιτελεστούν από τους χρήστες. Ο μηχανισμός εισάγει αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των φάσεων, δηλαδή κάθε φάση εξαρτάται από την επιτυχή εκτέλεση της προηγούμενής της, ενώ τις εκτελεί σειριακά (1η Φάση, 2η Φάση, 3η Φάση, κτλ.). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται για κάθε media file μια διακριτή ροή από φάσεις από τις οποίες αυτό θα πρέπει να περάσει καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

Παρακάτω παρουσιάζουμε μια υψηλού επιπέδου περιγραφή των φάσεων που εισάγει ο μηχανισμός ροών εργασιών :

Φάση 1. Ορισμός ομάδων χρηστών (user groups definition) : αυτή η φάση εκτελείται μία φορά κατά την αρχικοποίηση του συστήματος. Χωρίζεται σε 4 υπο-φάσεις οι οποίες εκτελούνται με την ακόλουθη σειρά :

- **a.** Αρχικά, εισάγονται *r (r ≥ 1)* credentials (π.χ. username, password) για τους r managers του συστήματος. Οι managers είναι οι διαχειριστές του συστήματος και για το λόγο αυτό έχουν πλήρη δικαιώματα. Μόνο ένας manager είναι δυνατόν να είναι κάθε στιγμή συνδεδεμένος με το σύστημα (logged in).
- **b.** Ενεργοποιείται ο VPN server και παράγει *r* VPN client certificates για τους managers. Τα VPN manager certificates

εφόσον παραχθούν, μεταφέρονται χειροκίνητα πρός τον καθένα manager μέσω φορητών αποθηκευτικών μέσων (π.χ. USB stick) για λόγους ασφάλειας.

c. Ένας manager ξεκινά την επικοινωνία με την central farm μέσω του VPN server (το communication tunnel γίνεται ένα ασφαλές VPN tunnel αφού τόσο ο manager όσο και ο VPN server διαθέτουν τα δικά τους πιστοποιητικά). Ο manager, αφού συνδεθεί, εισάγει s credentials για τους creators και t για τους researchers $(s, t \geq 1)$. Προφανώς, όλοι οι managers έχουν το δικαίωμα να τροποποιήσουν/διαγράψουν τα credentials των creators και researchers.

d. Ο VPN server παράγει $s+t$ VPN certificates για τους creators και researchers αντίστοιχα καθώς και p certificates για τους medians. Τα VPN creator, researcher, median certificates εφόσον παραχθούν, μεταφέρονται χειροκίνητα πρός τους αντίστοιχους VPN clients μέσω φορητών αποθηκευτικών μέσων (π.χ. USB stick) για λόγους ασφάλειας.

Φάση 2. Ανέβασμα και μετατροπή μέσων (media uploading and transformation) : οι creators επικοινωνούν με την central server farm μέσω του VPN server και ανεβάζουν σ' αυτήν ακατέργαστα media files. Κάθε νέο media file που ανεβαίνει στο σύστημα αποκτά ένα μοναδικό ID και συσχετίζεται μοναδικά με τον creator που το ανέβασε. Με τον τρόπο αυτό, ο creator που ανέβασε ένα media file έχει το δικαίωμα να εφαρμόσει συγκεκριμένες τεχνικές κωδικοποίησης/συμπίεσης (όταν και όπου απαιτείται) μόνο όμως στα media files με τα οποία έχει συσχετιστεί μοναδικά.

Φάση 3. Δημιουργία σχήματος μεταδεδομένων (metadata scheme creation) : οι managers δημιουργούν user-defined σχήματα μεταδεδομένων (για περισσότερες λεπτομέρειες δείτε Κεφάλαιο 7, Σημείο 4). Όλοι οι managers έχουν το δικαίωμα να τροποποιήσουν ή να διαγράψουν σχήματα μεταδεδομένων.

Φάση 4. Δημιουργία media packages και απόδοση δικαιωμάτων σε αυτά (media package creation and privilege assignment) : στην παρούσα φάση οι managers συγκεντρώνουν media files σε packages (προφανώς ένα package μπορεί να αποτελείται από ένα και μόνο media file) και αναθέτουν μια λίστα από researchers σε κάθε δημιουργούμενο package (Κεφάλαιο 7, Σημείο 5) χρησιμοποιώντας ένα bit-commitment πρωτόκολλο (Κεφάλαιο 5, Σημείο 1). Κάθε package αποκτά ένα μοναδικό ID και συσχετίζεται μοναδικά με τον manager που το δημιούργησε. Όποτε ένας manager επιθυμεί να προσθέσει/αφαιρέσει media files ή να τροποποιήσει τη λίστα των researchers του package με το οποίο έχει συσχετισθεί, η central farm εκτελεί πρώτα τους αντίστοιχους ελέγχους (checkings).

Φάση 5. Τεκμηρίωση media packages (media package annotation) : οι researchers επικοινωνούν με την central farm μέσω του VPN server

και τεκμηριώνουν μόνο τα media files εκείνων των packages στα οποία εμπεριέχονται στις λίστες τους. Συγκεκριμένα, ένας researcher με τα αντίστοιχα δικαιώματα είναι υποχρεωμένος να προσθέσει περιγραφικά ή/και δομικά μεταδεδομένα στα media files ενός package, σύμφωνα πάντα με το σχήμα μεταδεδομένων που έχει καθοριστεί για το συγκεκριμένο package. Το σχήμα αυτό καθορίζεται κατά τη Φάση 4, όταν ένας manager επιλέγει τη λίστα των researchers για το συγκεκριμένο package (Κεφάλαιο 7, Σημείο 5).

Φάση 6. Δημιουργία digital assets (digital asset creation) : για να δημιουργηθεί ένα digital asset από ένα media package που έχει τεκμηριωθεί από τους researchers, ο manager που το δημιούργησε ξεκινά την επόμενη διαδικασία 3 σταδίων :

a. Αρχικά, προσθέτει διαχειριστικά μεταδεδομένα (IPR) σε κάθε media file του package (π.χ. το trademark του οργανισμού, πληροφορίες ιδιοκτησιακού καθεστώτος, κτλ.) σύμφωνα με το σχήμα μεταδεδομένων γι' αυτό το package. Προφανώς, πρίν την όποια προσθήκη IPR, η central farm εκτελεί τους αντίστοιχους ελέγχους όπως ορίζει το bit-commitment πρωτόκολλο.

b. Στη συνέχεια, αντιγράφει το media package σε μια ασφαλή τοποθεσία εντός της κεντρικής αποθήκης δεδομένων. Για την αντιγραφή αυτή υπάρχει μια τοποθεσία στην αποθήκη ειδικά για digital assets.

c. Τέλος, όταν ολοκληρωθεί με επιτυχία η αντιγραφή, η central farm παράγει hash τιμές για τα media files του αντεγραμμένου package. Τότε αυτό το package γίνεται ένα digital asset και αποκτά ένα μοναδικό ID. Μέσω αυτού του ID το digital asset συσχετίζεται μοναδικά με τον manager που ξεκίνησε τη διαδικασία.

Φάση 7. Παραμετροποίηση της ιεραρχικής PKI υποδομής και έκδοση πιστοποιητικών για viewers (hierarchical PKI configuration and issuing viewer certificates) : αυτή η φάση χωρίζεται σε 3 υποφάσεις οι οποίες εκτελούνται με την ακόλουθη σειρά :

a. *Αρχικοποίηση της offline CA* : η CA παράγει ένα ζεύγος κλειδιών (δημόσιου – ιδιωτικού) και κρυπτογραφεί το ιδιωτικό κλειδί της. Στη συνέχεια περικλείει το δημόσιο κλειδί της μαζί με πληροφορίες που ταυτοποιούν τη CA σε μια Certificate Signing Request (CSR). Η CSR υπογράφεται ψηφιακά από το ιδιωτικό κλειδί της CA, η οποία, τελικά, την υπογράφει (self-signs) ως root CA. Οπότε παράγεται το πιστοποιητικό της CA.

b. *Παραγωγή p πιστοποιητικών για τους medians* : χρησιμοποιώντας τα ίδια κρυπτογραφικά εργαλεία και αλγόριθμους όπως και πρίν, η CA παράγει p πιστοποιητικά τα οποία μεταφέρονται χειροκίνητα πρός τον καθένα median μέσω φορητών αποθηκευτικών μέσων (π.χ. USB stick) για λόγους ασφάλειας. Όταν ένας median αποκτά το πιστοποιητικό του από την CA

τότε γίνεται Αρχή Εγγραφής (RA) και ξεκινά να δέχεται CSRs από τους viewers.

c. *Έκδοση πιστοποιητικών για τους viewers* : ένας viewer προσπελαύνει τη δημόσια διαδικτυακή διεπαφή (web site) της κοντινότερης πρός αυτόν RA και υποβάλλει μια CSR. Κατά το τέλος της υποβολής της CSR ο viewer προμηθεύεται έναν μοναδικό σειριακό αριθμό (serial number). Μια RA υπογράφει ψηφιακά τις CSRs που δέχεται από τους viewers με τη βοήθεια του ιδιωτικού κλειδιού της και εκδίδει (ή αντίστοιχα απορρίπτει) viewer πιστοποιητικά.

Ένας viewer προσπελαύνει την ίδια δημόσια διαδικτυακή διεπαφή της RA και ανακαλύπτει αν το πιστοποιητικό για το οποίο υπέβαλλε την αίτηση έχει εκδοθεί ή όχι. Αν το πιστοποιητικό έχει εκδοθεί, τότε ο viewer θέτει τον μοναδικό serial number που απέκτησε κατά τη διαδικασία της υποβολής της CSR του και «κατεβάζει» το πιστοποιητικό στον web browser του. Αυτό εγκαθίσταται αυτομάτως στον browser του viewer και διασφαλίζει ότι αυτός έχει παραλάβει την πιστοποίηση από την αντίστοιχη RA (και κατ' επέκταση από την root CA του συστήματος).

Όντας εξουσιοδοτημένος, ένας viewer είναι σε θέση προσπελάσει το γραφικό περιβάλλον του κοντινότερου πρός αυτόν median (στον οποίο βρίσκεται και η αντίστοιχη RA). Το γραφικό αυτό περιβάλλον είναι μια δημόσια ιστοσελίδα (web site) την οποία προσπελαύνουν μόνο πιστοποιημένοι viewers (από την RA του median), και το οποίο ολοκληρώνει τη λειτουργικότητα (εφαρμογές) του συστήματος πρός τους viewers.

Φάση 8. Αιτήσεις για πληρεξούσια (proxy requests) : αυτή η φάση χωρίζεται σε 3 υπο-φάσεις οι οποίες εκτελούνται με την ακόλουθη σειρά :

a. Οι medians ξεκινούν την επικοινωνία με την central farm μέσω του VPN server. Τότε η central farm αποστέλλει σε κάθε median μια λίστα με τα τρέχοντα digital assets που διαθέτει (π.χ. asset IDs, μικρή περιγραφή). Η διαδικασία αυτή μπορεί να είναι χρονοπρογραμματιζόμενη και να συμβαίνει σε σταθερά χρονικά διαστήματα (π.χ. ανά 1 ώρα).

b. Ένας πιστοποιημένος viewer (από τη Φάση 7) προσπελαύνει το web site του αντίστοιχου median που εξέδωσε το πιστοποιητικό του (μέσω της RA αυτού του median). Ο viewer εγγράφεται στο web site (δηλαδή παρέχει μοναδικά credentials, όπως username και password) προκειμένου να προχωρήσει. Τα viewer credentials αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων το median. Ανάλογα με τις ανάγκες υλοποίησης και τις απαιτήσεις του συστήματος, αυτή η εγγραφή μπορεί να είναι τελείως ελεύθερη (δωρεάν) ή να βασίζεται σε κάποια μέθοδο πληρωμής που εξαρτάται από την τελική υλοποίηση.

c. Ένας εγγεγραμμένος viewer έχει το δικαίωμα να προσπελάσει την υπάρχουσα λίστα με τα digital assets που διατίθενται από το σύστημα και υποβάλλει αιτήσεις πρός αυτά (π.χ. παραγγελίες).

Φάση 9. Δημιουργία πληρεξουσίων (proxy creation) : αυτή η φάση χωρίζεται σε 3 υπο-φάσεις οι οποίες εκτελούνται με την ακόλουθη σειρά :

a. Όταν ένας viewer υποβάλλει μια αίτηση για ένα digital asset (από τη Φάση 8), ο median αποστέλλει στην central farm το asset ID για το οποίο έγινε η αίτηση.

b. Η central farm συγκεντρώνει τα asset IDs που δέχεται από τους medians. Για κάθε digital asset η central farm εκτελεί τους απαραίτητους ελέγχους και σταμπάρει την κατάστασή του (stamps the state). Αν δεν έχει γίνει καμία παράνομη τροποποίηση στο asset, χρησιμοποιεί το trademark του median σε μια διαδικασία υδατοσήμανσης σ' αυτό (Κεφάλαιο 5, Σημείο 6 – Κεφάλαιο 7, Σημείο 10).

c. Το υδατοσημασμένο προκύπτων πληρεξούσιο αντιγράφεται στον median που απέστειλε την αίτηση. Επίσης, αποθηκεύεται σε μια ασφαλή τοποθεσία εντός της central farm (υπάρχει μια τοποθεσία στην αποθήκη ειδικά για watermarked proxies).

Φάση 10. Διανομή πληρεξουσίων (proxy distribution) : όταν ένας median λαμβάνει ένα watermarked proxy, προσθέτει στη συνέχεια τα credentials του viewer (ο οποίος υπέβαλλε αρχικά την αίτηση) ως ένα επιπλέον υδατόσημο πάνω σε ένα ή περισσότερα αρχεία του ήδη υδατοσημασμένου proxy. Τελικά, ο median αποστέλλει το διπλά υδατοσημασμένο proxy στον αιτούμενο viewer.

Ο παραπάνω μηχανισμός ροών εργασιών καθορίζει την συνολική λειτουργικότητα του αρχιτεκτονικού μας μοντέλου αφού συνδέει συγκεκριμένα user tasks με συγκεκριμένες φάσεις. Προφανώς πολλές από τις παραπάνω φάσεις αφορούν κάθε ένα media file ξεχωριστά και για το λόγο αυτό μπορούν να εκτελούνται παράλληλα. Για παράδειγμα οι φάσεις 1 και 3, εφόσον εκτελεστούν (όπως υποδεικνύει η παραπάνω σειρά) για πρώτη φορά, μπορούν να επανεκτελούνται κατά τη διάρκεια του μηχανισμού παράλληλα με άλλες φάσεις. Ωστόσο σε κάθε περίπτωση ο μηχανισμός διασφαλίζει ότι ακόμη και χρήστες με δικαιώματα (δηλαδή managers, creators, researchers) δεν είναι εξουσιοδοτημένοι να εκτελέσουν συγκεκριμένες ενέργειες κατά τη διάρκεια μιας φάσης στην οποία δεν εμπλέκονται. Για παράδειγμα, μόνο κατά τη διάρκεια της Φάσης 1 ένας manager έχει τη δυνατότητα να τροποποιήσει τα credentials των creators/researchers, μόνο κατά τη Φάση 5 οι researchers μπορούν να τεκμηριώσουν media packages, κτλ.

7. Θέματα υλοποίησης ενός πρωτοτύπου του μοντέλου

Στην παρούσα φάση αναπτύσσουμε ένα πρωτότυπο του προτεινόμενου αρχιτεκτονικού μοντέλου για Internet-based DAMS το οποίο φιλοδοξούμε να

χρησιμοποιηθεί ως μια υλοποίηση αναφοράς. Βασιζόμαστε σε λογισμικό ανοιχτού κώδικα με σκοπό την ευέλικτη ολοκλήρωση μελλοντικών αλλαγών στην παρούσα λύση όπως επίσης και να την καταστήσουμε έναν κατάλληλο μηχανισμό (τμηματικά ή στο σύνολό του) για υπάρχοντα DAMS. Παρακάτω παρουσιάζουμε τα εργαλεία και τις πλατφόρμες λογισμικού που έχουμε ως τώρα χρησιμοποιήσει :

1. **Πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική :** για τους central servers και τους medians υλοποιούμε μια 5-tier αρχιτεκτονική, όπως ειπώθηκε και στο Κεφάλαιο 4. Αξιοποιούμε τις ακόλουθες ανοιχτές πλατφόρμες για κάθε επίπεδο :
    a. **Επίπεδο παρουσίασης (presentation) :** χρησιμοποιούμε Java Server Pages (JSP) για στατικό και Java servlets για δυναμικό web site building (GUIs). Μέσω του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού πετυχαίνουμε τμηματοποίηση λογισμικού (software modularization) και εκμεταλλευόμαστε περαιτέρω την φορητότητα (portability) της Java.
    b. **Επίπεδο διαδικτύου / εφαρμογών (web / application) :** χρησιμοποιούμε τον Apache Tomcat (v5.0) για την εξυπηρέτηση αιτήσεων των πελατών και για την εκτέλεση των Java servlets. Ο Tomcat είναι ένας εξυπηρετητής εφαρμογών (servlet container) ο οποίος είναι ανεξάρτητος υπολογιστικής πλατφόρμας και δουλεύει μαζί με το Java Runtime Environment (JRE). Επιπλέον, ενεργοποιούμε το mod_ssl (SSL/TLS module) του Apache για να τον καταστήσουμε ικανό να δέχεται ασφαλείς συνδέσεις μέσω του HTTPS πρωτοκόλλου. Περαιτέρω, κάνουμε χρήση του JK native connector για την υλοποίηση της κατανομής του φόρτου των αιτήσεων που δέχεται ο Tomcat. Με αυτό τον τρόπο ο Tomcat μπορεί να διαχειριστεί αιτήσεις που προέρχονται από πολλαπλές ιστοσελίδες και αφορούν δεδομένα που αποθηκεύονται σε πολλαπλές βάσεις δεδομένων.
    c. **Επίπεδο βάσεων δεδομένων (database) :** χρησιμοποιούμε την PostgreSQL (v8.2) για DBMS. Η PostgreSQL είναι κατάλληλη για την περίπτωσή μας ακριβώς επειδή αποτελεί ένα αντικειμενο-σχεσιακό (object-relational) DBMS (υλοποιεί χρήσιμες αντικειμενοστραφείς τεχνικές όπως η κληρονομικότητα πινάκων) και οργανώνει τις βάσεις δεδομένων σε database server clusters. Η PostgreSQL προσφέρει δυνατότητες κλιμάκωσης για τη διαχείριση πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων όπως επίσης και την εξυπηρέτηση πολλαπλών ταυτόχρονων αιτήσεων. Εκμεταλλευόμαστε την ενσωματωμένη (στη βιβλιοθήκη συναρτήσεων της PostgreSQL) MD5 hash συνάρτηση για την κρυπτογράφηση σηματικών και κρίσιμων δεδομένων (περιγράφονται στο σημείο 3 του Κεφαλαίου 5). Επιπλέον, για την αντιγραφή δεδομένων (data replication) μεταξύ των database servers, εφαρμόζουμε μια master-slave παραμετροποίηση (ο master server αντιγράφει με ασύγχρονο

τρόπο τα δεδομένα του σε μια λίστα από slaves), μέσω του εργαλείου Slony-I [16].

   d. **Επίπεδο δεδομένων (file) :** εγκαθιστούμε το λειτουργικό σύστημα Linux (Ubuntu Server v7.04) σε κάθε φυσικό server του συστήματος και χρησιμοποιούμε το σύστημα αρχείων του (XFS) ως επίπεδο δεδομένων (file tier).

2. **Failover clusters :** υπάρχει ένα failover cluster αποτελούμενο από central servers, το οποίο είναι αφιερωμένο σε κάθε ένα από τα προηγούμενα επίπεδα. Υλοποιούμε μια active/active cluster παραμετροποίηση χρησιμοποιώντας το GPL-licenced portable management πρόγραμμα Linux-HA Heartbeat [24]. Όταν εγκατασταθεί, το Heartbeat στέλνει σήματα προς τους servers (κόμβους) ενός cluster. Αν ένας server δεν αποκριθεί σε ένα σήμα που του στάλθηκε, θεωρείται ότι έχει «πέσει» (failed) και αντικαθίσταται κατάλληλα από άλλον ενεργό κόμβο. Το Heartbeat υποστηρίζει απεριόριστο αριθμό από cluster κόμβους και παρέχει μια ιδιαίτερα επαρκή policy-based διαχείριση πόρων.
3. **Bit commitment πρωτόκολλο :** για να διασφαλίσουμε ότι ένα media package σχηματοποιήθηκε στην πραγματικότητα από έναν συγκεκριμένο manager (Φάση 4, Κεφάλαιο 6), η central farm και ο συγκεκριμένος αυτός manager εκτελούν ένα bit-commitment πρωτόκολλο που βασίζεται στο RSA σχήμα κρυπτογράφησης και στην hash συνάρτηση RIPEMD-160 [6]. Κατά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου, το commitment (η hash τιμή της λίστας με τους researchers που ανατίθεται στο συγκεκριμένο media package) αποστέλλεται προς τον manager. Με τον τρόπο αυτό, οποτεδήποτε ένας manager θελήσει να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα media package (για να επιτελέσει μια σειρά ενεργειών όπως να προσθέσει/διαγράψει αρχεία από αυτό, να τροποποιήσει τη λίστα με τους researchers του ή να προσθέσει IPR αμέσως μετά τον σχολιασμό του package από τους researchers), αποστέλλει το commitment στην central farm και αυτή, στη συνέχεια, τσεκάρει τα δεδομένα στα οποία ο συγκεκριμένος manager έκανε commit. Αν το τσεκάρισμα είναι σωστό, ο συγκεκριμένος manager αποκτά εξουσιοδότηση για πρόσβαση στο media package. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, το σύστημα δεν επιτρέπει καμία τροποποίηση στο συγκεκριμένο package.
4. **Σχήματα μεταδεδομένων :** κατά τη διάρκεια της Φάσης 3 του workflow μηχανισμού, ένας manager επιλέγει πεδία μεταδεδομένων από ένα γραφικό περιβάλλον – οδηγό (wizard) με σκοπό να δημιουργήσει ένα user-defined σχήμα μεταδεδομένων. Για κάθε τέτοιο πεδίο ο οδηγός καθοδηγεί τον manager έτσι ώστε αυτός να καθορίσει διάφορα χαρακτηριστικά του πεδίου (attributes) : τύπος (textfield, checkbox, combobox, radiobutton, list, label, κτλ.), κατηγορία (descriptive, structural, administrative), περιεχόμενο (int, real, date/time, κτλ.), όνομα, περιγραφή, αρχική τιμή, εύρος τιμών, αν είναι υποχρεωτικό ή όχι, μέγεθος που λαμβάνει σε γράμματα ή ψηφία, κτλ. Πεδία μεταδεδομένων μαζί με τα χαρακτηριστικά τους καθώς και τα σχήματα μεταδεδομένων αποθηκεύονται σε κατάλληλους πίνακες της βάσης δεδομένων και

συσχετίζονται μεταξύ τους μέσω του Διαγράμματος Οντοτήτων-Συσχετίσεων (Entity-Relationship Diagram – ERD) των βάσεων δεδομένων της central farm. Προφανώς, ένα user-defined σχήμα μπορεί να αποτελεί με τον τρόπο αυτό μια κατάλληλη παραμετροποίηση ενός υπάρχοντος σχήματος, όπως το Dublin Core, το MARC, κτλ.

5. **Προνόμια των researchers και IPR :** τόσο για την ανάθεση researcher προνομίων για media packages όσο και για την ανάθεση IPR σε media packages εφόσον έχει προηγουμένως ολοκληρωθεί ο σχολιασμός τους, επιβάλλουμε στους managers να καθορίζουν 2 υποχρεωτικά πεδία μεταδεδομένων (για administrative μεταδεδομένα) όταν δημιουργούν σχήματα μεταδεδομένων. Το 1ο πεδίο (HAS RIGHT) είναι μια κενή λίστα η οποία κρατά researcher credentials ενώ το 2ο πεδίο (COPYRIGHT) είναι ένα textfield το οποίο κρατά πληροφορίες που αφορούν την ιδιοκτησία ενός οργανισμού (π.χ. trademark). Με τον τρόπο αυτό θέτουμε researcher προνόμια και IPR σύμφωνα με την ακόλουθη διαδικασία :
    a. Ένας manager δημιουργεί ένα media package και επιλέγει ένα από τα σχήματα μεταδεδομένων που υπάρχουν αποθηκευμένα στο σύστημα (ένας πίνακας της βάσης δεδομένων συσχετίζει media packages με σχήματα).
    b. Ο manager υποχρεούται, στη συνέχεια, να γεμίσει τη λίστα HAS RIGHT για αυτό το media package. Κάθε εγγραφή της λίστας περιέχει credentials από τους τρέχοντες αποθηκευμένους researchers στο σύστημα. Ετσι, η λίστα αποτελεί μια Λίστα Ελέγχου Πρόσβασης (Access Control List – ACL) από privileged researchers (ένας δεύτερος πίνακας συσχετίζει media packages με researchers).
    c. Οι privileged researchers που ορίστηκαν για το συγκεκριμένο media package, έχουν το δικαίωμα να γεμίσουν μόνο πεδία μεταδεδομένων που δέχονται περιγραφικά και/ή δομικά μεταδεδομένα και να αρχίσουν το σχολιασμό μέρους ή όλων των αρχείων που περιέχονται στο συγκεκριμένο media package, σύμφωνα με το σχήμα μεταδεδομένων που επιλέχθηκε αρχικά (από τον manager που έφτιαξε την ACL).
    d. Όταν οι researchers τελειώσουν το σχολιασμό του συγκεκριμένου media package, ένας manager ξεκινά μια 3-stage διεργασία (Φάση 6, Κεφάλαιο 6) και γεμίζει το textfield COPYRIGHT για εκείνο το package (ένας τρίτος πίνακας συσχετίζει media packages με copyright πληροφορίες).
6. **Workflow μηχανισμός :** για την υλοποίηση του workflow μηχανισμού (Κεφάλαιο 6), συσχετίζουμε ψηφιακά αρχεία με τις διάφορες φάσεις. Για το λόγο αυτό, κάθε media file, package, asset και proxy αποκτά ένα μοναδικό ID. Για παράδειγμα, όταν ένα media file ανεβάζεται προς το σύστημα (Φάση 2), αποκτά ένα μοναδικό file ID. Για να συσχετίσουμε τα IDs με τις φάσεις χρησιμοποιούμε συγκεκριμένους πίνακες στη βάση δεδομένων. Όταν ένα αρχείο ολοκληρώνει επιτυχώς μια φάση τότε προάγεται στην επόμενή της φάση και ο αντίστοιχος πίνακας που κρατά

το ID του αρχείου, ενημερώνεται. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι οι φάσεις για κάθε αρχείο που εισέρχεται στο σύστημα, ακολουθούνται κατά γράμμα ενώ μπλοκάρεται αποτελεσματικά οποιαδήποτε πιθανή αλλαγή στη σειρά εκτέλεσής τους.

7. **State stamping :** για να διασφαλίσουμε ότι οποιοδήποτε digital asset δεν θα έχει καμία μη αποδεκτή τροποποίηση της κατάστασής του (state), χρησιμοποιούμε έναν απλό τρόπο για να ελέγχουμε τα αρχεία που περιλαμβάνει. Καθώς τα αρχεία είναι στη συνήθη περίπτωση αρκετά μεγάλα σε μέγεθος για να κρυπτογραφηθούν με μια τυπική μέθοδο κρυπτογράφησης (π.χ. αρχεία βίντεο, κινούμενων εικόνων, κτλ.), χρησιμοποιούμε τις αρκετά μικρότερες hash τιμές τους (Φάση 9, Κεφάλαιο 6). Για την παραγωγή των τιμών αυτών κάνουμε χρήση της συνάρτησης RIPEMD-160 [6]. Με τον τρόπο αυτό, για τη δημιουργία ενός proxy από ένα digital asset, η central farm τσεκάρει τη hash τιμή κάθε συμπεριλαμβανόμενου στο asset αρχείου καθώς και τις παρακάτω MD5 hashed πληροφορίες : τα μεταδεδομένα (descriptive/structural), τα IPR και τα manager credentials του αντίστοιχου media package (ένα asset προέρχεται από ένα μόνο media package το οποίο σχηματοποιείται από έναν μόνο manager). Αν όλα τα τσεκαρίσματα είναι σωστά, η central farm προχωρά στη δημιουργία του proxy και ξεκινά αυτομάτως μια διαδικασία υδατοσήμανσης η οποία εισάγει το όνομα (trademark) του median (ο οποίος έκανε την αίτηση για το αντίστοιχο asset) ως υδατόσημο στα αρχεία του package (δείτε παρακάτω για διαδικασίες υδατοσήμανσης). Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, καμία διαδικασία υδατοσήμανσης δεν λαμβάνει χώρα και το σύστημα αποστέλλει μια ειδοποίηση (warning) προς τον median ενώ ενημερώνει και τον manager εκείνον που είναι υπεύθυνος για το συγκεκριμένο asset.
8. **Ιεραρχική PKI υποδομή :** χρησιμοποιούμε το ανοιχτού κώδικα εργαλείο της OpenCA [20] για την έκδοση πιστοποιητικών στους viewers με σκοπό την πιστοποίησή τους. Η OpenCA δημιουργεί και διαχειρίζεται μια κατανεμημένη X.509 PKI αρχιτεκτονική που βασίζεται πάνω σε μια δενδρική ιεραρχία από βάσεις δεδομένων. Κάθε κόμβος στο δένδρο διαθέτει τη δικιά του βάση και η ανταλλαγή των δεδομένων μεταξύ των κόμβων (πιστοποιητικά, αιτήσεις έκδοσης πιστοποιητικών – CSRs, κτλ.) μπορούν να διαχειριστούν αυτόματα μέσα από κατάλληλες web διεπαφές που παρέχονται από το εργαλείο. Η OpenCA πετυχαίνει παραγωγή ζεύγους κλειδιών μεγέθους 2048 και 4096 bits με χρήση RSA, κρυπτογράφηση ιδιωτικών κλειδιών με triple-DES, δημιουργία CSRs μορφοποιημένων σε PKCS#10 και SPKAC formats καθώς και ψηφιακές υπογραφές (digital signs) χρησιμοποιώντας την SHA1 hash συνάρτηση. Στην περίπτωσή μας, η OpenCA εγκαταστάθηκε σε Linux servers (medians, offline root CA) με SSL enabled Apache servers και PostgreSQL για διαχείριση των βάσεων δεδομένων. Συγκεκριμένα, παραμετροποιήσαμε τον κόμβο-ρίζα ως μια τελείως απομονωμένη (offline) root CA και τους κόμβους του 1^{ου} επιπέδου (medians) ως RAs, σύμφωνα

με τις οδηγίες του [22] (Κεφ. 3, 4). Ενεργοποιήσαμε τις ακόλουθες web διεπαφές για την αναταλλαγή των δεδομένων :

   a. Στον κόμβο-ρίζα το τοπικό interface https://hostname/ca για να εγκαταστήσουμε και να παραμετροποιήσουμε την root CA καθώς και να εκδίδουμε RA πιστοποιητικά.
   b. Στους RA κόμβους το τοπικό interface https://hostname/ra για τη διαχείριση των αιτήσεων για πιστοποιητικά (CSRs) και για την έκδοση πιστοποιητικών για viewers.
   c. Στους RA κόμβους το δημόσιο interface https://hostname/pub από το οποίο οι viewers δημιουργούν CSRs και κατεβάζουν πιστοποιητικά που έχουν εκδοθεί από τις RAs.

9. **VPN δίκτυο :** εγκαταστήσαμε και παραμετροποιήσαμε κατάλληλα το ανοιχτού κώδικα εργαλείο OpenVPN [21] για να δημιουργήσουμε ένα VPN δίκτυο μεταξύ των managers, creators, researchers, medians και της central farm. Το OpenVPN βασίζεται στο μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή και χρησιμοποιεί ένα πανίσχυρο σχήμα ασφάλειας το οποίο προστατεύει τόσο από ενεργητικές όσο και από παθητικές επιθέσεις (Κεφάλαιο 5, Σημείο 5). Κάνει χρήση SSL συνόδων (sessions) οι οποίες πιστοποιούν την επικοινωνία μεταξύ 2 μερών μόνο όταν κάθε ένα μέρος διαθέτει το δικό του πιστοποιητικό. Αν μια σύνοδος πετύχει, ο συμμετρικός block cipher αλγόριθμος blowfish χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση πακέτων και το HMAC-SHA1 message digest για πιστοποίηση πακέτων. Επιπλέον, το OpenVPN υλοποιεί την προστασία από επαναλήψεις (replay protection), δηλαδή από τις περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες ένας λήπτης δέχεται ένα πακέτο με το ίδιο timestamp 2 φορές, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο sliding window. Εγκαθιδρύσαμε το VPN δίκτυό μας σύμφωνα με τα ακόλουθα βήματα :

   a. Ένας VPN server εγκαθίσταται και παραμετροποιείται κατάλληλα σε έναν central server. Αυτός εκτελείται ως μια διεργασία του λειτουργικού συστήματος.
   b. Κατά την παραμετροποίηση, καθορίζεται ένα τοπικό υποδίκτυο από εσωτερικές IP διευθύνσεις (10.8.0.0 – 10.8.0.255).
   c. Ο VPN server παράγει χειροκίνητα $p+u$ πιστοποιητικά πελατών τα οποία μεταφέρονται, στη συνέχεια, χειροκίνητα στους πελάτες μέσω φορητών αποθηκευτικών μέσων (π.χ. USB memory sticks). Αυτό γίνεται ακριβώς επειδή όλοι οι VPN clients είναι γνωστές και έμπιστες οντότητες.
   d. Κάθε VPN client (p medians and u managers, creators and researchers) αποκτά μια μοναδική IP διεύθυνση από το παραπάνω υποδίκτυο με σκοπό να συνδεθεί με τον VPN server.
   e. Εφόσον έχουν προμηθευτεί με τα κατάλληλα πιστοποιητικά, οι VPN clients συνδέονται με τον VPN server χρησιμοποιώντας SSL συνόδους.

10. **Αλγόριθμοι υδατοσήμανσης :** μελετήσαμε τεχνικές υδατοσήμανσης σαν και αυτές που παρουσιάζονται στο [4]. Συγκεκριμένα, μελετήσαμε την τεχνική texture block coding για την προσθήκη ορατών υδατόσημων σε

σταθερές εικόνες, echo data hiding για την προσθήκη ηχούς (echoes) σε σήματα ήχου και open space μεθόδους οι οποίες κωσικοποιούν δεδομένα σε κείμενο μέσω της τροποποίησης των κενών διαστημάτων. Περαιτέρω, για την εισαγωγή υδατόσημων (visible fingerprints) που ταυτοποιούν median servers ή viewers σε αρχεία video, είδαμε την differential energy watermarking (DEW) μέθοδο που αναλύεται στο [5]. Φυσικά, υπάρχουν πάρα πολλές υλοποιήσεις για multimedia fingerprinting που μπορεί να αφορούν ορατές, αόρατες, χωρικού (spatial) ή συχνοτικού (frequency) περιεχομένου τεχνικές υδατοσήμανσης. Διαφορετικοί αλγόριθμοι έχουν διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά και απαιτήσεις. Η επιλογή του καταλληλότερου αλγορίθμου εξαρτάται από την ανθεκτικότητα που θα παρέχει σε ενδεχόμενη επίθεση, από τον τύπο του ψηφιακού αρχείου στο οποίο θα εφαρμοστεί, από την ποσότητα των επιπλέον δεδομένων (payload) που θα πρέπει να μεταφέρει ένα υδατοσημασμένο αρχείο καθώς και από τον τύπο του υδατόσημου, όπως συμπεραίνεται στο [10].

Σχεδιάζουμε να τελειοποιήσουμε την υλοποίηση του πρωτοτύπου μας έτσι ώστε να το χρησιμοποιήσουμε για να μετρήσουμε τη συνολική απόδοση του αρχιτεκτονικού μας μοντέλου. Συγκεκριμένα, επόμενό μας βήμα είναι να εξετάσουμε τα επίπεδα ασφάλειας που επιτυγχάνονται καθώς και η κλιμάκωση του συστήματος σε μεγάλους αριθμούς αιτήσεων από viewers. Για παράδειγμα, θα θέλαμε να μετρήσουμε τη διαδικασία της διανομής πληρεξουσίων (proxy distribution) που αφορά τις Φάσεις 7 – 10 του workflow μηχανισμού όσον αφορά την ασφάλεια και την κλιμάκωση.

8. Σύγκριση με υπάρχοντα DAMS – μελλοντικές κατευθύνσεις

Μέχρι σήμερα, ένας αρκετά μεγάλος αριθμός εμπορικών ή ανοιχτού κώδικα συστημάτων DAMS, που ποικίλλουν από απλές standalone ηλεκτρονικές εφαρμογές μέχρι πολύ-λειτουργικές ολοκληρωμένες σουίτες, είναι σε θέση να προσφέρουν βασική ή προχωρημένη υποστήριξη σε οργανισμούς. Οι σύγχρονες μονάδες DAMS δεν αποτελούν πλέον μονολιθικά συστήματα αλλά πανίσχυρες διαχειριστικές πλατφόρμες που είναι ικανές για ένα μεγάλο εύρος θεμελιωδών διεργασιών και λειτουργιών και οι οποίες προσφέρουν παράλληλα αυξημένες δυνατότητες ολοκλήρωσης με ευρύτερες υποδομές πληροφοριακών συστημάτων.

Στη βιβλιογραφία συναντούμε πολλές κατηγοριοποιήσεις για DAMS ανάλογα με τις διαφορετικές περιπτώσεις χρήσεις (use cases) και τομείς εφαρμογής (application domains), τις ερευνητικές και οικονομικές ανάγκες και δραστηριότητες, τα κομμάτια ή/και τον τρόπο λειτουργίας, τους χρήστες στους οποίους απευθύνονται, κτλ. Το [7] δίνει μια ταξινόμηση σύμφωνα με αγοραστικές και εμπορικές απαιτήσεις (desktop, workgroup/collaborative, mid-range, pay-as-you-go και enterprise συστήματα). Στο [3] (Κεφ. 19) παρατίθεται μια εκτεταμένη λίστα προϊόντων που διαχωρίζονται ως προς διάφορους τομείς διαχείρισης (document content management, web content

management, search and retrieval, image και video asset libraries). Το [13] μελετά την εισαγωγή των DAM τεχνολογιών στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς (cultural heritage) και, συγκεκριμένα, μελετά τις περιπτώσεις του Εθνικού Μουσείου του Ηνωμένου Βασιλείου, της Εθνικής Βιβλιοθήκης της Βρετανίας και του παγκόσμιας εμβέλειας τηλεοπτικού σταθμού BBC. Τα [15] και [9] παρουσιάζουν ένα σύστημα το οποίο καλύπτει πολλαπλές συνεργατικές λειτουργίες που περιλαμβάνουν online μαθήματα και τη διάχυσή τους προς ερευνητές, φοιτητές ή προς το ευρύ κοινό. Τέλος, το [17] περιγράφει μια λεπτομερή top-down προσέγγιση της αρχιτετονικής ενός DAMS που βασίζεται σε συγκεκριμένες τεχνολογίες υλικού και λογισμικού.

Μελετώντας εκτενέστατα τις προαναφερθείσες κατηγορίες, παρατηρούμε μερικά γενικά αλλά κρίσιμα μειονεκτήματα :

1. Σχεδόν όλες οι DAMS πλατφόρμες είναι σχεδιασμένες για συγκεκριμένους τομείς εφαρμογών και εστιάζουν στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις τους που καθορίζονται από την επιστημονική έρευνα, την κατευθυντήρια γραμμή της συντήρησης και διατήρησης περιεχομένου, το αγοραστικό και οικονομικό ενδιαφέρον, την παραγωγή πολυμέσων, τη δημιουργία και διαχείριση διαδικτυακών ιστοτόπων, κτλ.
2. Πολλές υπάρχουσες λύσεις ολοκληρώνονται μαζί με τρίτα πληροφοριακά συστήματα, όπως Customer Relation Management (CRM) και Digital Rights Management (DRM) πακέτα, έτσι ώστε να πετύχουν μια ευρύτερη γκάμα επιχειρησιακών διεργασιών.
3. Πολλά Internet-based DAMS, ακόμη και με την υιοθέτηση DRM σχημάτων που προτείνονται στο [1], είναι εξίσου ευάλωτα σε ανοιχτά ζητήματα ασφάλειας όπως η πιστοποίηση χρηστών και η ανάθεση προνομίων (privilege assignment), θέματα αδειοδότησης και πνευματικών δικαιωμάτων σε ψηφιακά αντικείμενα, ακεραιότητα δεδομένων και υψηλή διαθεσιμότητα, ανθεκτικότητα των υποδομών σε πιθανές απώλειες ή αστοχίες υλικού, κτλ.
4. Παράγοντες που διέπουν πολλά συστήματα, όπως η απαίτηση για εξειδικευμένο προσωπικό, απαγορευτικά κόστη και επένδυση σε προκαθορισμένες λύσεις υλικού και λογισμικού, οδηγούν αναπόφευκτα σε μικρότερους ρυθμούς αποδοχής και απήχησης.

Το μοντέλο που αναπτύξαμε αντιμετωπίζει πολλά ανοιχτά ζητήματα ασφάλειας και πιστεύουμε ότι μπορεί να αποτελέσει τη ραχοκοκαλιά οποιοδήποτε σύγχρονου Internet-based DAMS. Είναι σχεδιασμένο σαν μια standalone λύση αλλά μπορεί επίσης να προσαρμοστεί με ευέλικτο τρόπο τόσο σε ευρύτερες υποδομές πληροφοριακών διαχειριστικών συστημάτων όσο και σε υπάρχουσες DAMS πλατφόρμες.

Πολλές από τις ιδέες που εισήχθηκαν στο μοντέλο μας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους τομείς εφαρμογών : υδατόσημα σε πληρεξούσια είναι χρήσιμα σε περιβάλλοντα ασφαλών αγορών όπου μια central farm (π.χ. Amazon.com) διαθέτει online καταστήματα (π.χ. Barnes & Noble). Ο σχολιασμός με μεταδεδομένα από τους researchers μπορεί να

υιοθετηθεί από φορείς πολιτιστικής κληρονομιάς (π.χ. μια εθνική βιβλιοθήκη). Ο έλεγχος των IPR στα ψηφιακά αντικείμενα και η κλιμάκωση που προσφέρουν οι medians ταιριάζει στην περίπτωση τηλεοπτικών σταθμών οι οποίοι επιδιώκουν την ασφαλή διανομή των ταινιών τους σε ψηφιακούς συνδρομητές.

Επιπλέον, πολλές από τις προτεινόμενες κρυπτογραφικές τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορα υπάρχοντα DAMS προϊόντα : bit commitments, state stamping και υδατοσημασμένα πληρεξούσια μπορούν να αξιοποιηθούν σε εμπορικές λύσεις, όπως το Artesia DAM [19], [18]. Η ιδέα του κατανεμημένου δικτύου των medians που συνδέονται μέσω VPN με μια central farm μπορεί να υλοποιηθεί σε ανοιχτού κώδικα Internet-based DAMS, όπως το Dspace [23]. Τέλος, μια ιεραρχική PKI υποδομή, ασφαλείς συνδέσεις, κατηγοριοποίηση χρηστών, σχολιασμός με μεταδεδομένα και ένας αυστηρός μηχανισμός ελέγχου ροών εργασίας παρέχει μεγαλύτερη διαχειριστικότητα και ασφάλεια σε πλατφόρμες προσανατολισμένες σε συγκεκριμένους τομείς εφαρμογών, όπως το University of Michigan DAM [15].

Πέραν της μελλοντικής εργασίας που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 7, ένας άμεσος μελλοντικός μας στόχος είναι η εξέταση εναλλακτικών τεχνικών και κρυπτογραφικών εργαλείων για την επίτευξη ενός αρτιότερα καθορισμένου επιπέδου ασφάλειας καθώς και η διερεύνηση του διαφαινόμενου trade-off μεταξύ της ασφάλειας και της συνολικής απόδοσης του Internet-based DAMS σε μεγάλης κλίμακας συνεργατικά διαδικτυακά περιβάλλοντα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] I. Abbadi, "Digital Asset Protection in Personal Private Networks," in *8th International Symposium on Systems and Information Security (SSI 2006), Sao Jose dos Campos, Sao Paolo, Brazil,* Nov. 2006.

[2] R. Albertson et al., "Current Practices in Digital Asset Management," The Internet2/CNI Performance Archive & Retrieval Working Group, v. 0.9, Oct. 2003. http://www.internet2.edu/arts/files/digital-asset-management(v09).pdf

[3] D. Austerberry, *Digital Asset Management - How to realise the value of video and image libraries*, Focal Press, Elsevier Ltd, 2004, Ch.1, 19.

[4] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for data hiding," *IBM Systems Journal*, vol. 35, NOS 3&4, 1996.

[5] G. Doërra and J. Dugelay, "A guide tour of video watermarking," in *Signal Processing: Image Communication, Special Issue on Technologies for Image Security*, vol. 18, no. 4. (2003), pp. 263-282.

[6] H. Dobbertin, A. Bosselaers, and B. Preneel, "RIPEMD-160: A Strengthened Version of RIPEMD," in *Proc. Fast Software Encryption 1996*, LNCS 1039, pp. 71-82, Springer Verlag, 1996.

[7] F. Frey, S. Williams-Allen, H. Vogl and L. Chandra, "Digital Asset Management - A Closer Look at the Literature," Printing Industry Center (Technical Report No. PICRM-2004-08), Mar. 2005. http://www.edsf.org/img/picrm200408.pdf

[8] G. Geser et al., "Digital Asset Management Systems for the Cultural and Scientific Heritage Sector," DigiCULT Project (IST-2001-34898), Thematic Issue 2, Dec. 2002.

[9] L. King and A. McCord, "Implementation Guide to Enterprise Digital Asset Management Systems," EDUCAUSE 2005 Annual Conference, Orlando, Florida, USA.

[10] M. Madhavi Latha, G. Kesavan Pillai and K. Anitha Sheela, "Watermarking based Content Security and Multimedia Indexing in Digital Libraries" in *International Conference on Semantic Web and Digital Libraries (ICSD-2007)*, February 2007.

[11] A. Mauthe and P. Thomas, *Professional Content Management Systems - Handling Digital Media Assets*, Jown Wiley & Sons, Ltd, 2004, Ch.1.

[12] A. Pasquinelli, "Digital Library Technology Trends," Sun Microsystems, Aug. 2002. http://daminfo.wgbh.org/digital\filibrary\fitrends.pdf

[13] S. Ross, M. Donnelly and M. Dobreva, "New Technologies for the Cultural and Scientific Heritage Sector," DigiCULT Project (IST-2001-34898), Technology Watch Report 1, Feb. 2003, pp. 41 - 61.

[14] E. Tambouris, N. Manouselis and C. Costopoulou, "Metadata for digital collections of e-government resources," in *The Electronic Library (TEL), Special Issue on Metadata and Semantics for Digital Libraries and Information Centres*, 25 (2), 176-192, Apr. 2007.

[15] M. Walter, "Architectural Considerations in Digital Asset Management," The Gilbane Report, Oct. 2004. http://gilbane.com/whitepapers/Stellent/GilbaneWP\fiStellentIBM\fi1.0.pdf

[16] J. Wieck, *Slony-I, A replication system for PostgreSQL.* Horsham, Pennsylvania, USA. http://developer.postgresql.org/~wieck/slony1/Slony-I-concept.pdf

[17] *Digital Asset Management (DAM) Infrastructure Reference Architecture*, v. 1.0, Sun Microsystems, Artesia Technologies, Feb. 2003.

[18] *Powering the Rights Management Process*, White Paper, Artesia Techologies, 2001. http://www.artesia.com/pdf/DRMwp.pdf

[19] Artesia DAM Product. http://www.artesia.com

[20] OpenCA Project. https://www.openca.org

[21] OpenVPN product. http://openvpn.net/

[22] *OpenCA Guide for Versions 0.9.2*+, OpenCA GroupTM. https://www.openca.org/projects/openca/docs/openca-guide.pdf

[23] Security Models for Dspace Servers. http://wiki.dspace.org/index.php/SecuringDspace

[24] The High Availability Linux Project. http://linux-ha.org/HeartbeatProgram