



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ
ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ

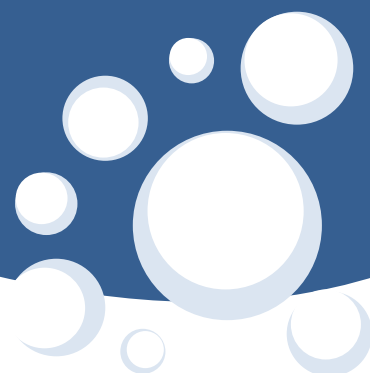
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπάλα Παναγιώτα

Επιβλέπων: Δρ. Αθανάσιος Μαλάμος

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

Ηράκλειο, Μάρτιος 2010





ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

**Τεκμηρίωση Και Προσαρμογή Τρισδιάστατης
Πληροφορίας Για Την Απομακρυσμένη Δημιουργία
Εικονικών Σκηνών**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΣΠΑΛΑ

Επιβλέπων : Αθανάσιος Γ. Μαλάμος
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Π.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ
Ηράκλειο, Μάρτιος 2010

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή κ. Αθανάσιο Γ. Μαλάμο για την επίβλεψη αυτής της πτυχιακής εργασίας και για την ευκαιρία που μου έδωσε να την εκπονήσω στο Εργαστήριο Πολυμέσων του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων, καθώς και για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε.

Επίσης, ευχαριστώ όλους εκείνους που με καθοδήγησαν και μου συμπαραστάθηκαν ηθικά καθόλα τα χρόνια των φοιτητικών μου σπουδών.

Περίληψη

Στην εργασία αυτή προτείνεται ένα σύστημα περιγραφής web-3D σκηνών με βάση το πρότυπο MPEG-7. Η εργασία έχει επικεντρωθεί στη περιγραφή 3D σκηνών που είναι κωδικοποιημένες με τη γλώσσα μοντελοποίησης X3D, δηλαδή τον απόγονο της VRML. Το μορφότυπο X3D έχει υιοθετηθεί από τον τομέα των web services ως το κατάλληλο πλαίσιο (framework) για την ανάπτυξη φιλικών και ευέλικτων εφαρμογών ιστού που εμπεριέχουν απεικονίσεις τρισδιάστατων γραφικών. Εισάγονται επεκτάσεις (extensions) του προτύπου MPEG-7 οι οποίες είναι απαραίτητες για την τεκμηριωμένη περιγραφή X3D σκηνών βασισμένες στις δομικές απαιτήσεις του X3D και προσαρμόζουμε το MPEG-7 Schema αντίστοιχα. Στο σύστημα περιγραφής λαμβάνονται υπόψη θέματα όπως την κίνηση των αντικειμένων (animation) και την διαδραστικότητά τους μαζί με τα γεωμετρικά και εμφανισιακά χαρακτηριστικά του 3D περιεχομένου, παρέχοντας μια πιο αποτελεσματική περιγραφή της σκηνής.

Με τον τρόπο αυτό, οι επεκτάσεις που προτείνονται στη παρούσα πτυχιακή καλύπτουν όλη την πληροφορία που απαιτείται για μία πλήρως τεκμηριωμένη και αποτελεσματική περιγραφή σχετικά με τη θέση και το σχετικό μέγεθος των 3D αντικειμένων, τα ειδικά χαρακτηριστικά όπως το είδος του αντικειμένου, ιδιότητες καμπυλότητας και διαθέσιμες υφές, σε συνδυασμό με τις εγγενείς ιδιότητες κίνησης των αντικειμένων και τις αλληλεπιδράσεις του με άλλα αντικείμενα της σκηνής ή με τον τελικό χρήστη.

Οι επεκτάσεις είναι τύπου MPEG-7 Visual και Metadata Descriptors, οι οποίες συνάδουν πλήρως με τους περιορισμούς του προτύπου. Παρέχονται επίσης οι κατάλληλες τροποποιήσεις στο αντίστοιχο Schema του προτύπου ISO 15938 που είναι απαραίτητες για την επικύρωση των παραγόμενων MPEG-7 περιγραφών βάσει της προτεινόμενης MPEG-7 εφαρμογής.

Λέξεις Κλειδιά: MPEG-7, ISO 15938, web-3D, X3D, περιγραφή 3D σκηνών

Abstract

This thesis proposes an annotation scheme for web-3D scenes based on the MPEG-7 standard. It focuses on the annotation of 3D scenes that are encoded with the X3D modeling language which is the descendant of VRML. X3D has been adopted by the web service industry as the appropriate framework for developing internet friendly and flexible 3D visualization applications.

Necessary MPEG-7 extensions are introduced in order to fulfill the requirements of the X3D scene structure and we adapt the MPEG-7 schema encoding accordingly. In the annotation scheme, animation and interactivity issues are considered along with geometrical and appearance characteristics of the 3D content providing a more efficient description of the scene. Thus, the extensions proposed in this thesis cover all the information required for a complete and efficient description on the position and relative size of 3D objects, specific characteristics such as object type, curvature properties and available textures, combined with the objects' innate animation properties and its interactions with other objects in the scene or with the end user.

The extensions are MPEG-7 Visual and Metadata Descriptors, which fully conform to the standardization restrictions, and we also provide the modifications to the corresponding schema of the ISO 15938 standard that are essential for validating against the proposed MPEG-7 implementation.

Keywords: *MPEG-7, ISO 15938, web-3D, X3D, 3D annotation*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	14
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	16
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	18
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	20
1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	20
1.2. ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΙΠΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ	23
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	24
2.1. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΓΡΑΦΙΚΑ	24
2.1.1. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗ ΤΡΙΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ	24
2.1.2. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ (MODELLING)	25
2.1.3. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΥΦΗΣ (TEXTURE MAPPING)	30
2.1.4. ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	31
2.1.5. ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ (RENDERING).....	31
2.2. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΟΚΙΝΗΣΗ (3D ANIMATION)	32
2.2.1. ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΧΕΔΙΟΚΙΝΗΣΗΣ (ANIMATION)	33
2.2.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΧΕΔΙΟΚΙΝΗΣΗΣ.....	33
2.2.3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3D ANIMATION.....	34
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΜΑΤΟΣ	38
3.1. ΚΙΝΗΤΡΟ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	38
3.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ Χ3D.....	44
3.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ MPEG-7.....	45
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ	47
4.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΡΧΕΙΩΝ ΤΥΠΟΥ Χ3D ΜΕΣΩ MPEG-7.....	47
4.1.1. MPEG-7 ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ 3D	48
4.1.2. MPEG-7 ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ Χ3D.....	49
4.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ MPEG-7	53
4.2.1. MPEG-7 PART 3 – VISUAL.....	53
4.2.2. MPEG-7 PART 3 – MULTIMEDIA DESCRIPTION SCHEMES (MDS)	63
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	68
5.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	68
5.2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ	77
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ.....	81
6.1. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ	81
6.1.1. XML	81
6.1.2. XSLT	83

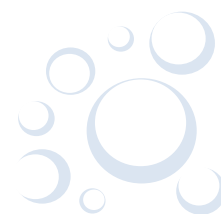
6.1.3.	ΧΡΑΤΗ.....	85
6.2.	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	88
	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ GRID	102
	ΕΠΙΛΟΓΟΣ	105
8.1.	ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	105
8.2.	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	106
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	108





ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

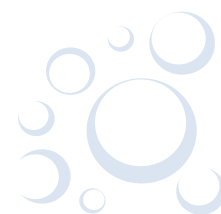
Σχήμα 1 Παραμετροποιημένη αναζήτηση και ανάκτηση περιεχομένου βάση της περιγραφής του μέσω Μηχανών Αναζήτησης Διαδικτύου	21
Σχήμα 2 Σύνθεση διαδικτυακής πλατφόρμας ανάκτησης πληροφορίας μέσω MPEG-7.....	46
Σχήμα 3 Διαδικτυακό σύστημα αναζήτησης και ανάκτησης πολυμεσικής πληροφορίας με τη χρήση του προτύπου MPEG-7	48
Σχήμα 4 MPEG -7 XSD Extension του BoundingBox3DType.....	55
Σχήμα 5 MPEG -7 XSD Extension του Geometry3DType.....	57
Σχήμα 6 MPEG -7 XSD Extension του Metadata3DType	58
Σχήμα 7 MPEG -7 XSD Extension του Interactivity3DType	61
Σχήμα 8 MPEG -7 XSD Extension του DescriptionMetadataType	63
Σχήμα 9 MPEG -7 XSD Extension του Profile3D	65
Σχήμα 10 MPEG -7 XSD Extension του Script3D.....	66
Σχήμα 11 Πλήρες δομικό παράδειγμα εγγράφου XML.	82
Σχήμα 12 Δείγμα εισερχόμενου εγγράφου XML.	84
Σχήμα 13 XSLT έγγραφο μετασχηματισμού XML αρχείων.....	85
Σχήμα 14 Παραγόμενο XML έγγραφο μετά τον μετασχηματισμό XSLT.....	85
Σχήμα 15 XSL Template αρχικοποίησης.....	89
Σχήμα 16 XSL Template για το DescriptionMetadata	90
Σχήμα 17 XSL Template για τα Profile3D και Script3D descriptors.....	91
Σχήμα 18 XSL Εξαγωγής τοποθεσίας XPath των κόμβων ομαδοποίησης της X3D σκηνής.....	92
Σχήμα 19 XSL Εξαγωγής τοποθεσίας XPath των εμφωλευμένων κόμβων ομαδοποίησης της X3D σκηνής	93
Σχήμα 20 XSL Εξαγωγής τοποθεσίας XPath των παρεχόμενων σχημάτων της X3D σκηνής.....	93
Σχήμα 21 XSL Template για το DescriptionMetadata	94
Σχήμα 22 Αλγόριθμος εύρεσης τοποθεσίας του κόμβου γεωμετρίας που αναπαριστάται στο X3D	95
Σχήμα 23 XSL αλγόριθμος εξαγωγής metadata πληροφορίας στον Metadata3D Descriptor.....	97
Σχήμα 24 XSL αλγόριθμος εξαγωγής γεωμετρικής πληροφορίας στον Geometry3D Descriptor.....	98
Σχήμα 25 XSL αλγόριθμος εξαγωγής πληροφορίας κίνησης στον MotionTrajectory Descriptor.....	99
Σχήμα 26 XSL αλγόριθμος εξαγωγής διαδρατικότητα αντικειμένων στον Interactivity3D Descriptor	100
Σχήμα 27 XSL Template για τις συσχετίσεις των επιμέρους περιγραφών (MPEG-7 Relationships).....	101





ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1</i> Μια σύγχρονη γραφική απεικόνιση (render) του μοντέλου «τσαγιέρα Γιούτα».....	27
<i>Εικόνα 2</i> Ray-traced εικόνα που χρειάζεται δευτερόλεπτα ή λεπτά για να αποδοθεί γραφικά (render).....	32
<i>Εικόνα 3</i> 3D Απεικόνιση εγκεφάλου για μελέτη νευρολογικών παθήσεων.....	36
<i>Εικόνα 4</i> 3D αναπαράσταση χημικών ενώσεων και μοριακών δομών.....	42
<i>Εικόνα 5</i> Διαδραστική πλατφόρμα εκπαίδευσης με τη χρήση 3D περιεχομένου.....	42
<i>Εικόνα 6</i> Έναρξη λειτουργίας Apache Tomcat Server.....	69
<i>Εικόνα 7</i> Περιβάλλον εφαρμογής “X3D to MPEG-7 XML Annotation”.....	70
<i>Εικόνα 8</i> Περιβάλλον αναζήτησης αρχείων X3D από τον τοπικό δίσκο.....	71
<i>Εικόνα 9</i> Βήμα 1 – Επιλογή μεμονωμένου αρχείου X3D.....	72
<i>Εικόνα 10</i> Βήμα 1 – Επιλογή ολόκληρου φακέλου αρχείων X3D.....	72
<i>Εικόνα 11</i> Βήμα 2 – Επιλογή τοποθεσίας αποθηκείωσης αρχείου περιγραφής MPEG-7 XML.....	73
<i>Εικόνα 12</i> Βήμα 2 – Επιλογή τοποθεσίας αποθηκείωσης αρχείου περιγραφής MPEG-7 XML.....	74
<i>Εικόνα 13</i> Βήμα 3 – Αυτόματη εξαγωγή περιγραφής MPEG-7 XML.....	75
<i>Εικόνα 14</i> Βήμα 4 – Επιβεβαίωση εγκυρότητας του αρχείου περιγραφής MPEG-7 XML.....	75
<i>Εικόνα 15</i> Το περιβάλλον της εφαρμογής κατόπιν ολοκλήρωσης της διαδικασίας εξαγωγής περιγραφής μίας X3D σκηνής.....	76
<i>Εικόνα 16</i> Το menu της εφαρμογής “X3D to MPEG-7 XML Annotation”.....	76
<i>Εικόνα 17</i> Δύο πόρτες οι οποίες ενεργοποιούνται από διαφορετικά πεδία μέσω ενός κόμβου TouchSensor.....	79
<i>Εικόνα 18</i> Διάγραμμα των βασικών στοιχείων και της ροής της διαδικασίας του XSLT.....	84





ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 1 Σύντομη περιγραφή χρήσης των προτεινόμενων επεκτάσεων του MPEG-7.....</i>	<i>53</i>
<i>Πίνακας 2 Τελεστές του XRATH 2.0.....</i>	<i>87</i>
<i>Πίνακας 3 Λειτουργίες του XRATH 2.0</i>	<i>88</i>





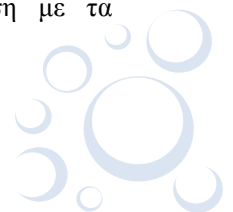
1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

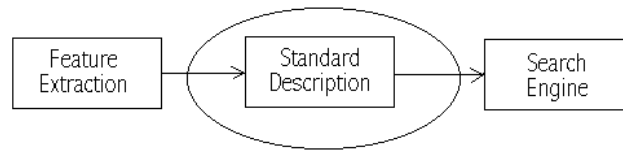
1.1. Αντικείμενο Πτυχιακής Εργασίας

Η γνώση της σημασιολογικής περιγραφής των στοιχείων που εκπροσωπούνται σε μία X3D σκηνή παρέχει ένα ευρύ φάσμα από προηγμένες χρήσεις των ίδιων των τρισδιάστατων κόσμων που περιγράφονται. Για παράδειγμα, οι μηχανές αναζήτησης του Διαδικτύου θα μπορούσαν μελλοντικά να εκτελούν προσαρμοσμένα αιτήματα μέσω μιας περιγραφικής γλώσσας με σκοπό να εξάγουν όλα εκείνα τα κατάλληλα σχήματα από πολλαπλές σκηνές 3D βάσει των απαιτήσεων του χρήστη. Μία ενδεχόμενη δυναμική διαδικασία αντιστοίχισης μπορεί να αναφέρεται στην αντιστοίχιση και ανάκτηση αντικειμένων χρησιμοποιώντας τα γεωμετρικά και δομικά χαρακτηριστικά των σκηνών [1] [2][3].

Ωστόσο, τα αρχεία που περιέχουν πολύπλοκες σκηνές 3D περιεχομένου είναι δύσκολο να διαχειριστούν λόγω του τεραστίου μεγέθους τους. Έτσι, η σχηματική και δομική τους αντιστοίχιση ενδέχεται να είναι αναποτελεσματική σε ότι αφορά την απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ και το χρόνο απόκρισης [4]. Εναλλακτικά, η χρήση πληροφορίας υπό μορφή κειμένου (textual information) προκειμένου να ανακτηθούν σημασιολογικές αναφορές αποτυγχάνει στις περισσότερες περιπτώσεις. Οι περιγραφές που εισάγονται από τους ίδιους τους δημιουργούς του τρισδιάστατου περιεχομένου εξαρτώνται από υποκειμενικούς παράγοντες όπως τη γλώσσα, το πολιτισμό, την οπτική γωνία κ.ά. Ως εκ τούτου, αποτελέσματα που βασίζονται σε γραμματικές αντιστοιχίσεις (textual matching) θεωρούνται ακόμα πιο υποβαθμισμένα από άποψη αποτελεσματικότητας σε σχέση με τα



αποτελέσματα που παράγονται από αντιστοιχίσεις δομικών στοιχείων των τρισδιάστατων εικονικών χώρων [5].



Σχήμα 1 Παραμετροποιημένη αναζήτηση και ανάκτηση περιεχομένου βάσης της περιγραφής του μέσω Μηχανών Αναζήτησης Διαδικτύου

Τα εργαλεία και προγράμματα μοντελοποίησης επιτρέπουν την εμφώλευση κάποιας σημασιολογικής και metadata πληροφορίας κατά τη διαδικασία κατασκευής των μοντέλων αλλά υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί. Κατά συνέπεια, θεωρείται υποχρεωτική η δημιουργία και χρήση ενός μηχανισμού που θα παρέχει πλήρη και αποτελεσματική περιγραφή του τρισδιάστατου περιεχομένου, ενοποιώντας τα δομικά χαρακτηριστικά που εμπεριέχονται στον 3D κόσμο με τις περιγραφές που εισάγονται από την εφαρμογή ή τον εκάστοτε χρήστη, με σκοπό την βελτίωση παραγωγής μίας αποτελεσματικής περιγραφής των 3D μοντέλων. Με τη χρήση αυτής της γλώσσας περιγραφής, οι σημασιολογικές πληροφορίες των αντικειμένων μπορούν να εξάγονται ξεχωριστά σε σημασιολογικές βιβλιοθήκες, επιτρέποντας την ευκολότερη πρόσβαση και εξέταση επιμέρους σχημάτων συγκεκριμένου ενδιαφέροντος με λιγότερες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ.

Περιγραφές τέτοιου είδους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλους τομείς εκτός από 3D κόσμους, όπως για παράδειγμα στην επιστήμη ή τη μηχανολογία [6][7][8][9][10]. Επιπλέον, μία ολοκληρωμένη περιγραφή μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω σε προσαρμοσμένες αναζητήσεις, προκειμένου να βελτιωθεί η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης 3D μοντέλων, κάτι το οποίο είναι ένας από τους στόχους του προτύπου MPEG-4 [11].

Η πτυχιακή αυτή εργασία επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στην τεκμηριωμένη περιγραφή τρισδιάστατων σκηνών που κωδικοποιούνται με τη γλώσσα μοντελοποίησης X3D καθώς το συγκεκριμένο πρότυπο αναπτύχθηκε κυρίως για την παροχή τρισδιάστατου διαδραστικού περιεχομένου μέσω του Διαδικτύου. Ταυτόχρονα, το X3D υποστηρίζει την XML κωδικοποίηση, παρέχοντας έτσι απρόσκοπτη ενοποίηση με τις υπηρεσίες web services και την ενσωμάτωση σε καταναμημένα δίκτυα, διευκολύνοντας τις δια-πλατφορμικές 3D εφαρμογές, που κυμαίνονται από την κινητή τηλεφωνία μέχρι τους υπερ-υπολογιστές. Συνεπώς, θεωρείται ως το κατάλληλο πλαίσιο για την ανάπτυξη 3D κόσμων φιλικών ως προς το Διαδίκτυο και για ευέλικτες εφαρμογές απεικόνισης τρισδιάστατων εικονικών κόσμων.



Ταυτόχρονα, το MPEG-7 είναι ένα πρότυπο περιγραφής πολυμεσικού περιεχομένου (που ορίζεται ως ISO / IEC 15938) που έχει ως στόχο τη παροχή πρόσθετων λειτουργιών στα προηγούμενα πρότυπα MPEG, περιγράφοντας το περιεχόμενο των πολυμεσικών αρχείων στα οποία αναφέρεται σε μία ενοποιημένη μορφή [12]. Ως πρότυπο, επικεντρώνεται στην σημασιολογική περιγραφή του περιεχομένου με το οποίο σχετίζεται, παρέχοντας γρήγορη και αποτελεσματική αναζήτηση και ανάκτηση του πολυμεσικού υλικού που αιτούνται οι χρήστες. Λόγω της περιγραφικής φύσης και ιδιότητας του, το MPEG-7 θεωρήθηκε στο πλαίσιο αυτής της πτυχιακής ως το καλύτερο δυνατό πρότυπο για την αποτελεσματικότερη περιγραφή και τεκμηρίωση τρισδιάστατων X3D χώρων και χρησιμοποιήθηκε για την παραμετροποιημένη ανάκτηση απομακρυσμένου 3D περιεχομένου μέσω διαδικτυακών εφαρμογών.

Στην εργασία αυτή προτείνεται και αναλύεται ένα σύστημα περιγραφής X3D σκηνών με βάση το MPEG-7 πρότυπο. Δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες επεκτάσεις (extensions) στη γλώσσα περιγραφής MPEG-7 που είναι απαραίτητες προκειμένου να εκπληρώνονται οι δομικές απαιτήσεις σκηνών X3D και προσαρμόστηκε το ανάλογο MPEG-7 Schema. Στο συγκεκριμένο σύστημα περιγραφής που υλοποιήθηκε, μελετήθηκαν και συμπεριλήφθηκαν θέματα εγγενούς κίνησης και διαδραστικότητας των 3D αντικειμένων μαζί με γεωμετρικά και εμφανισιακά χαρακτηριστικά του 3D περιεχομένου παρέχοντας μια πιο αποτελεσματική περιγραφή της σκηνής. Έτσι, οι επεκτάσεις που προτείνονται καλύπτουν όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται για την πλήρη και αποτελεσματική περιγραφή σχετικά με τη θέση και το σχετικό μέγεθος των 3D αντικειμένων, τα ειδικά χαρακτηριστικά όπως το είδος αντικειμένου, ιδιότητες καμπυλότητας και διαθέσιμες υφές, σε συνδυασμό με τις εγγενείς ιδιότητες των αντικειμένων ως προς την κίνηση και τις αλληλεπιδράσεις του με άλλα αντικείμενα της σκηνής ή με τον τελικό χρήστη. Οι επεκτάσεις είναι τύπου MPEG-7 Visual και Metadata Descriptors, κατασκευασμένες ώστε να συνάδουν πλήρως με τους περιορισμούς του προτύπου. Επίσης παρέχονται οι απαραίτητες τροποποιήσεις στο αντίστοιχο σχήμα του προτύπου ISO 15938 ώστε να επικυρώνονται ορθά οι παραγόμενες περιγραφές.

Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε μία εφαρμογή βασισμένη στη γλώσσα XSLT (eXtensible Stylesheet Language Transformations) η οποία εξάγει αυτόματα τις MPEG-7 XML περιγραφές από αρχεία τύπου X3D σύμφωνα με τις απαιτήσεις του MPEG-7 XSD Schema με τις πρόσθετες επεκτάσεις για τρισδιάστατο περιεχόμενο. Το παραγόμενο ανεξάρτητο αρχείο περιγραφής MPEG-7 επικυρώνεται στη συνέχεια με το διευρυμένο MPEG-7 XSD Schema και αποθηκεύεται σε μία ειδικευμένη βάση δεδομένων eXist μέσω της οποίας μπορούν να εκτελούνται προσαρμοσμένα αιτήματα ανάκτησης και αντιστοίχισης συγκεκριμένων 3D αντικειμένων βάσει των επιλογών του τελικού χρήστη και να αποστέλλονται σε ένα καταναμημένο σύστημα τύπου Cluster ώστε να παράγεται απομακρυσμένα η γραφική τους απεικόνιση (rendering).



1.2. Θεματική Οργάνωση του υπολοίπου Βιβλίου

Η εργασία αυτή είναι οργανωμένη σε οκτώ (8) κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 2 παρέχεται το θεωρητικό υπόβαθρο των βασικών εννοιών που σχετίζονται με τα τρισδιάστατα γραφικά. Αρχικά αναλύονται τα στάδια κατασκευής τρισδιάστατου πολυμεσικού περιεχομένου και στη συνέχεια οι τεχνικές παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων με χαρακτηριστικά κίνησης (animation). Τέλος, παραθέτονται οι βασικοί τομείς στους οποίους βρίσκουν εφαρμογή τα τρισδιάστατα γραφικά και τα πλεονεκτήματα αυτών. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται οι σχετικές με το θέμα εργασίες και το κίνητρο ανάπτυξης της τεχνολογίας περιγραφής αρχείων δεδομένων τύπου X3D μέσω του προτύπου MPEG-7. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η ανάλυση και επέκταση του προτύπου MPEG-7 για την περιγραφή τρισδιάστατου περιεχομένου στην αντίστοιχη μορφή με την οποία παρουσιάζονται τα στοιχεία περιγραφής του MPEG-7 στο επίσημο πρότυπο κατά ISO/IEC. Η περιγραφή της υλοποίησης του συστήματος αυτόματης εξαγωγής της περιγραφής του X3D περιεχομένου αναλύεται στο Κεφάλαιο 5, ενώ στο Κεφάλαιο 6 αναλύονται οι βασικές έννοιες, οι τεχνικές λεπτομέρειες και οι αλγόριθμοι που υλοποιούνται στην εφαρμογή αυτή. Στο Κεφάλαιο 7 περιγράφονται τεχνολογίες καταναμημένων συστημάτων τύπου GRID clusters, διαχείρισης και απομακρυσμένης σύνθεσης παραμετροποιημένων X3D σκηνών. Τέλος, στο Κεφάλαιο 8 δίνονται τα συμπεράσματα και η σύνοψη των εργασιών που εκτελέστηκαν καθώς και οι προτεινόμενες μελλοντικές επεκτάσεις της πτυχιακής αυτής εργασίας.



2

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1. Τρισδιάστατα Γραφικά

2.1.1. Προσομοιώνοντας τη Τρίτη Διάσταση

Ο εικονικός κόσμος των υπολογιστών διαφέρει από τον ανθρώπινο πραγματικό κόσμο. Σε ότι αφορά όμως την οπτική των πραγμάτων έχει αποδειχθεί ότι η προσομοίωση που γίνεται με τρισδιάστατα γραφικά είναι αρκετά ικανοποιητική και εξελίσσεται συνεχώς [13]. Η δημιουργία των τρισδιάστατων γραφικών με τη βοήθεια ειδικών προγραμμάτων και σουιτών υλοποιείται σε τέσσερα βασικά στάδια, τα οποία είναι:

- **Στάδιο Μοντελοποίησης (Modelling)** : διαδικασία δημιουργίας των τρισδιάστατων εικονικών αντικειμένων και σκηνών.
- **Στάδιο Χαρτογράφησης Υφής (Texture Mapping)** : τεχνική κάλυψης της επιφάνειας ενός αντικειμένου με μία ρεαλιστικά πραγματική εμφάνιση (π.χ. ξύλο, μέταλλο, πλαστικό, κλπ).
- **Στάδιο Φωτισμού (Lighting)** : δημιουργία χρωματικών διαβαθμίσεων και σκίασης των αντικειμένων.
- **Στάδιο Φωτορεαλιστικής Απεικόνισης (Rendering)** : τελική διαδικασία εμφάνισης όλων των χαρακτηριστικών που απαρτίζουν το απεικονιζόμενο μοντέλο.



Αρχικά δημιουργείται η σκηνή, δηλαδή σχεδιάζονται τα αντικείμενα που θα απεικονιστούν και ο χώρος που τα εσωκλείει (μοντελοποίηση). Στο δεύτερο στάδιο, η σκηνή εμπλουτίζεται με κατάλληλα στοιχεία όπως είναι το φόντο, προστίθενται κατάλληλες υφές στα αντικείμενα καθώς και χρώματα (χαρτογράφηση υφών). Στη συνέχεια, προσαρτάται στη σκηνή ο κατάλληλος φωτισμός και παραμετροποιείται η ένταση, το χρώμα, η σκίαση κλπ (φωτισμός). Το τελικό στάδιο αποτελείται από τη διαδικασία εμφάνισης όλων των χαρακτηριστικών του μοντέλου και της απεικόνισης της τελικής σκηνής στην οθόνη του υπολογιστή του χρήστη (φωτορεαλιστική απεικόνιση).

Λόγω της δισδιάστατης μορφής της οθόνης του υπολογιστή, η τρισδιάστατη εικόνα της σκηνής προβάλλεται στη δισδιάστατη επιφάνεια μέσω μίας ειδικευμένης μεθόδου απεικόνισης που αποτελείται από πολύπλοκους μαθηματικούς μετασχηματισμούς που στηρίζεται στην θεωρία της φυσικής και οπτικής. Ο σκοπός του μετασχηματισμού αυτού είναι να δημιουργηθεί η ψευδαίσθηση των τριών διαστάσεων. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα στάδια αυτά δημιουργίας τρισδιάστατων γραφικών [13].

2.1.2. Μοντελοποίηση (Modelling)

Στα τρισδιάστατα γραφικά υπολογιστών, η μοντελοποίηση είναι η διαδικασία της ανάπτυξης μιας μαθηματικής εκπροσώπησης κάθε τρισδιάστατης επιφάνειας του αντικειμένου (είτε άψυχο ή έμψυχο) μέσω εξειδικευμένου λογισμικού, παράγοντας ένα **3D μοντέλο** [14]. Μπορεί να εμφανίζεται ως μία δισδιάστατη εικόνα μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται **3D rendering** ή να χρησιμοποιηθεί σε προσομοίωση του υπολογιστή για φυσικά φαινόμενα. Η φυσική αναπαράσταση του μοντέλου μπορεί επίσης να δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας συσκευές τρισδιάστατης εκτύπωσης. Τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν αυτόματα ή χειροκίνητα.

ΜΟΝΤΕΛΑ

Τα 3D μοντέλα αντιπροσωπεύουν ένα 3D αντικείμενο χρησιμοποιώντας μια συλλογή σημείων στο τρισδιάστατο χώρο, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με διάφορες γεωμετρικές οντότητες όπως τρίγωνα, γραμμές, καμπύλες επιφάνειες, κ.λπ. Δεδομένου ότι πρόκειται για μία συλλογή δεδομένων (σημεία και άλλες πληροφορίες), τα 3D μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν με το χέρι, με αλγοριθμικές διαδικασίες (procedural modeling) ή μέσω σάρωσης (model scanning).

Τα τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιούνται ευρέως οπουδήποτε μέσα σε τρισδιάστατα γραφικά. Στην πραγματικότητα, η χρήση τους είναι προγενέστερη από την ευρεία χρήση των 3D γραφικών σε προσωπικούς υπολογιστές. Πολλά παιχνίδια προσωπικού υπολογιστή χρησιμοποιούσαν ήδη γραφικά απεικονισμένες (pre-rendered) εικόνες από 3D μοντέλα ως sprites προτού οι υπολογιστές μπορούσαν να απεικονίζουν γραφικά σε πραγματικό χρόνο.



ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Σχεδόν όλα τα 3D μοντέλα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες.

- **Solid** (Στερεά) - Τα μοντέλα αυτά καθορίζουν τον όγκο του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν. Είναι πιο ρεαλιστικά, αλλά και πιο δύσκολο να οικοδομηθούν. Τα στερεά μοντέλα χρησιμοποιούνται κυρίως για μη γραφικές (non-visual) προσομοιώσεις, όπως η ιατρικές και μηχανικές προσομοιώσεις, για CAD και εξειδικευμένες οπτικές εφαρμογές όπως την ανίχνευση ακτινών και την εποικοδομητική στερεά γεωμετρία (constructive solid geometry).
- **Shell/boundary** (Όρια) - αυτά τα μοντέλα καθορίζουν την επιφάνεια, π.χ. το όριο του αντικειμένου, και όχι τον όγκο του (όπως ένα απειροελάχιστο λεπτό κέλυφος). Αυτά είναι ευκολότερα στη χρήση και κατασκευή από τα στερεά μοντέλα. Σχεδόν όλα τα οπτικά υποδείγματα που χρησιμοποιούνται για τα παιχνίδια και ταινίες είναι shell models.

Επειδή η εμφάνιση ενός αντικειμένου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το εξωτερικό του, οι shell/boundary παραστάσεις βρίσκουν συχνές εφαρμογές στα γραφικά υπολογιστών. Οι επιφάνειες δύο διαστάσεων είναι μία καλή αναλογία για τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται σε γραφικά. Δεδομένου όμως ότι οι επιφάνειες αυτές δεν είναι πεπερασμένες, απαιτείται μία διακριτή ψηφιακή προσέγγιση:

- **Polygonal meshes** (και σε μικρότερο βαθμό **subdivision surfaces**) είναι μακράν η πιο κοινή εκπροσώπηση, αν και οι point-based αναπαραστάσεις κερδίζουν κάποια δημοτικότητα τα τελευταία χρόνια.
- Τα **Level sets** είναι χρήσιμα για την εκπροσώπηση παραμορφωμένων επιφανειών και επιφανειών που υφίστανται τοπολογικές αλλαγές, όπως υγρά.

Η διαδικασία μετατροπής των αναπαραστάσεων των αντικειμένων, όπως είναι το κέντρο συντεταγμένων (middle point coordinate) μιας σφαίρας και το σημείο της περιφέρειας του (circumference) σε μια πολυγωνική αναπαράσταση της σφαίρας, ονομάζεται ψηφιοποίηση (tessellation). Το βήμα αυτό χρησιμοποιείται σε πολυγωνικές γραφικές απεικονίσεις (polygon-based rendering), όπου αντικείμενα κατανέμονται από αφηρημένες αναπαραστάσεις (“primitives”), όπως σφαίρες, κώνους κ.λπ., στα λεγόμενα meshes, που είναι δομές γραμμικών «διχτύων» διασυνδεδεμένων τριγώνων. Τα triangle meshes είναι περισσότερο δημοφιλή καθώς έχει αποδειχτεί ότι είναι ευκολότερη η γραφική απόδοσή τους μέσω του scanline rendering. Οι πολυγωνικές αναπαραστάσεις δεν χρησιμοποιούνται σε όλες τις τεχνικές γραφικής απόδοσης (rendering), και σε



αυτές τις περιπτώσεις το βήμα ψηφιοποίησης δεν περιλαμβάνεται στη μετάβαση από την αφηρημένη παρουσίαση στην σκηνή γραφικής απεικόνισης (rendered scene).

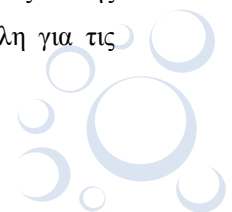


Εικόνα 1 Μια σύγχρονη γραφική απεικόνιση (render) του μοντέλου «τσαγιέρα Γιούτα».

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Υπάρχουν πέντε δημοφιλείς τρόποι αναπαράστασης μοντέλων:

- **Polygonal modeling** - Σημεία σε 3D χώρο, που ονομάζονται κορυφές, συνδέονται με γραμμικά τμήματα να σχηματίσουν ένα **πολύγωνο**. Η συντριπτική πλειονότητα των 3D μοντέλων σήμερα είναι χτισμένη πάνω σε πολυγωνικά μοντέλα, καθότι είναι ευέλικτα και οι υπολογιστές μπορούν να τα επεξεργαστούν γραφικά σε μικρό χρόνο. Ωστόσο, τα πολύγωνα είναι επίπεδες επιφάνειες, επομένως σύνθετες κυρτές επιφάνειες μπορούν να μοντελοποιηθούν μόνο κατά προσέγγιση με τη χρήση πολλών πολυγώνων. Χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα, από το πρόγραμμα *Blender*.
- **NURBS modeling** – Επιφάνειες **NURBS** ορίζονται από spline καμπύλες, οι οποίες επηρεάζονται από σταθμισμένα σημεία ελέγχου (weighted control points). Η αύξηση του βάρους για ένα σημείο θα τραβήξει την καμπύλη πιο κοντά στο σημείο αυτό. Τα NURBS είναι πραγματικά λείες επιφάνειες, και όχι απλές προσεγγίσεις χρησιμοποιώντας μικρές επίπεδες επιφάνειες, και έτσι είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για οργανικές μοντελοποιήσεις. Τα Maya και Rhino 3D είναι τα πιο γνωστά εμπορικά λογισμικά που χρησιμοποιούν NURBS εγγενώς.
- **Splines & Patches modeling** - Όπως τα NURBS, τα **Splines** και **Patches** εξαρτώνται από καμπύλες γραμμές για να καθορίσουν την ορατή επιφάνεια. Τα Patches εμπίπτουν κάπου μεταξύ NURBS και polygonal και όσον αφορά την ευελιξία και την ευκολία χρήσης.
- **Primitives modeling** - Αυτή η διαδικασία θεωρεί τα πρωτογενή γεωμετρικά αντικείμενα όπως μπάλες, κυλίνδρους, κώνους ή κύβους ως δομικά στοιχεία για πιο πολύπλοκα μοντέλα. Τα οφέλη της διαδικασίας αυτής είναι η γρήγορη και εύκολη κατασκευή μοντέλων και ότι οι μορφές ορίζονται με μαθηματικό τρόπο και είναι συνεπώς απολύτως ακριβείς, όπως επίσης ότι η γλώσσα ορισμού τους μπορεί να είναι πολύ απλούστερη. Είναι κατάλληλη για τις



τεχνικές εφαρμογές και λιγότερο για τα βιολογικά σχήματα. Κάποια προγράμματα, όπως το POV-Ray, μπορεί να υλοποιήσει γραφικά τα μοντέλα απευθείας από τα πρωτογενή αντικείμενα, ενώ άλλα λογισμικά χρησιμοποιούν τα πρωτογενή αντικείμενα μόνο για τη μοντελοποίηση και τα μετατρέπουν σε **meshes** για περαιτέρω ενέργειες και τη γραφική απόδοσή τους.

- **Sculpt modeling** - Μία αρκετά νέα μέθοδος 3D μοντελοποίησης, η sculpting έχει γίνει πολύ δημοφιλής στα λίγα μόλις χρόνια που υπάρχει. Υπάρχουν 2 είδη αυτή τη στιγμή, ο εκτοπισμός ή μετατόπιση (**displacement**) που είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος στις εφαρμογές αυτή τη στιγμή, και η ογκομετρική (**volumetric**). Η μετατόπιση χρησιμοποιεί ένα πυκνό πρότυπο (που συχνά προέρχεται από την υποδιαίρεση επιφανειών (subdivision surfaces) των οπών του πολυγώνου ελέγχου) και αποθηκεύει νέες τοποθεσίες για τις θέσεις κορυφών (vertex positions) με τη χρήση ενός χάρτη 32bit εικόνας που αποθηκεύει τις προσαρμοσμένες τοποθεσίες. Η ογκομετρική μέθοδος έχει παρόμοιες δυνατότητες με αυτές της μετατόπισης αλλά δεν πάσχει από το τέντωμα των πολυγώνων που συμβαίνει όταν δεν υπάρχουν αρκετά πολύγωνα σε μια περιοχή με ώστε να επιτευχθεί η παραμόρφωση. Και οι δύο αυτές μέθοδοι επιτρέπουν μία πολύ καλλιτεχνική εξερεύνηση καθώς το μοντέλο θα έχει μια νέα τοπολογία δημιουργημένη πάνω του μόλις μορφοποιηθούν τα μοντέλα και δημιουργηθούν οι ανάγλυφες λεπτομέρειες. Το νέο πλέγμα θα έχει συνήθως την αρχική υψηλή ανάλυση πληροφοριών mesh μεταφερόμενο σε δεδομένα μετατόπισης (displacement data) ή δεδομένα χάρτη (normal map data) αν πρόκειται για μια παιχνιδιομηχανή.

Το στάδιο μοντελοποίησης αποτελείται από τη διαμόρφωση των επιμέρους αντικειμένων που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα στη σκηνή. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές μοντελοποίησης, συμπεριλαμβανομένων των:

- **constructive solid geometry**
- **implicit surfaces**
- **subdivision surfaces**

Η μοντελοποίηση μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ενός ειδικού προγράμματος (π.χ., form•Z, Maya, 3DS Max, Blender, Lightwave, Modo) ή ενός συστατικού εφαρμογής (application component) όπως το Shaper ή το Loftter στο 3DS Max, ή κάποια γλώσσα περιγραφής σκηνής (scene description language) όπως για παράδειγμα στο POV - ray. Σε ορισμένες περιπτώσεις, δεν υπάρχει αυστηρή διάκριση μεταξύ των φάσεων αυτών. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η μοντελοποίηση είναι απλώς μέρος της διαδικασίας δημιουργίας της ίδιας της σκηνής (για παράδειγμα, με trueSpace Caligari και Realsoft 3D).



Σύνθετα υλικά, όπως το φύσημα της άμμου, τα σύννεφα, ακόμα και υγρά σπρέι μοντελοποιούνται με συστήματα σωματιδίων (particle systems), και είναι μια μάζα από 3D συντεταγμένες στις οποίες αναθέτονται είτε σημεία, πολύγωνα, texture splats, ή sprites.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΚΗΝΗΣ

Η οργάνωση της σκηνής αφορά την διοργάνωση εικονικών αντικειμένων, φώτων, καμερών και άλλων οντοτήτων σε μια σκηνή η οποία αργότερα θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μίας ακίνητης εικόνας ή ενός κινουμένου σχεδίου. Ο φωτισμός είναι μια σημαντική πτυχή στην οργάνωση της σκηνής. Όπως και στη περίπτωση οργάνωσης της σκηνής στον πραγματικό κόσμο, ο φωτισμός είναι ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στην αισθητική που προκύπτει και στην οπτική ποιότητα του τελικού έργου. Ως εκ τούτου, προκύπτουν αρκετές δυσκολίες. Διάφορα εφέ φωτισμού μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη διάθεση και τη συναισθηματική αντίδραση που προκαλείται βλέποντας μία σκηνή, κάτι το οποίο γνωρίζουν πολύ καλά φωτογράφοι αλλά και τεχνικοί φωτισμού σκηνών θεάτρου.

Συνήθως είναι επιθυμητό να προστίθεται χρώμα στην επιφάνεια ενός μοντέλου με ελεγχόμενο τρόπο από το χρήστη, πριν από τη γραφική απόδοση της σκηνής (rendered image).

Τα περισσότερα προγράμματα μοντελοποίησης τρισδιάστατων αντικειμένων επιτρέπουν στο χρήστη να χρωματίσει τις κορυφές του μοντέλου και στη συνέχεια το χρώμα αυτό παρεμβάλλεται σε όλη την επιφάνεια του αντικειμένου κατά τη διάρκεια της γραφικής απόδοσης του μοντέλου (rendering). Αυτός είναι συνήθως και ο τρόπος χρωματισμού των μοντέλων από το λογισμικό μοντελοποίησης, κατά τη φάση δημιουργίας του μοντέλου. Η πιο κοινή μέθοδος προσθήκης πληροφορίας χρώματος σε ένα 3D μοντέλο είναι με την εφαρμογή μίας 2D υφής εικόνας (2D texture) πάνω στην επιφάνεια του μοντέλου, μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται χαρτογράφηση υφής (texture mapping). Οι υφές εικόνων δεν είναι τίποτε άλλο από μία ψηφιακή εικόνα, αλλά κατά τη διαδικασία χαρτογράφησης της υφής, ειδικά κομμάτια πληροφοριών (που ονομάζονται συντεταγμένες υφών ή UV συντεταγμένες) προστίθενται στο μοντέλο αναφέροντας ποια μέρη του χάρτη υφών της εικόνας αντιστοιχίζονται σε ποια μέρη της επιφάνειας του 3D μοντέλου. Οι υφές επιτρέπουν στα 3D μοντέλα να φαίνονται πολύ πιο λεπτομερή και ρεαλιστικά από όσο θα ήταν σε άλλη περίπτωση.

Αλλα εφέ, πέραν του texturing και φωτισμού, μπορούν να γίνει πάνω σε 3D μοντέλα αυξάνοντας στο ρεαλισμό τους. Για παράδειγμα, οι επιφάνειες μπορούν να τροποποιηθούν ως προς τον τρόπο φωτισμού τους, ορισμένες επιφάνειες μπορεί να έχουν χαρτογράφηση τύπου bump mapping, και υπάρχει ακόμα μεγαλύτερο πλήθος εργαλείων που μπορεί να εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια της γραφικής απόδοσης της σκηνής.



Συχνά, για ορισμένες χρήσεις, τα 3D μοντέλα περιέχουν κίνηση. Μερικές φορές η κίνησή τους δημιουργείται μέσα από το ίδιο το 3D Modeler που τα δημιούργησε, είτε εξάγονται σε άλλο πρόγραμμα για να ενσωματωθεί κίνηση σε αυτά. Εάν χρησιμοποιείται για animation, η φάση αυτή συνήθως κάνει χρήση μιας τεχνικής που ονομάζεται "keyframing", το οποίο διευκολύνει τη δημιουργία πιο περίπλοκων κινήσεων στη σκηνή. Με τη βοήθεια του keyframing, χρειάζεται να επιλέξει κανείς μόνο το σημείο στο οποίο σταματά ένα αντικείμενο ή τις αλλαγές στην κατεύθυνση της κίνησης, την περιτροπή (rotation) και/ή την αυξομείωση (scale) του όγκου ενός μοντέλου, μεταξύ ποιων καταστάσεων σε κάθε καρτέ υπάρχουν οι παρεμβολές (interpolations). Τα σημεία αυτά των αλλαγών είναι γνωστά ως keyframes. Σε πολλές περιπτώσεις επιπλέον δεδομένα προστίθεται στο μοντέλο για να διευκολυνθεί το animation. Για παράδειγμα, κάποια 3D μοντέλα ανθρώπων και ζώων έχουν ολόκληρα συστήματα οστών (bone structures) ώστε να παρουσιάζονται ρεαλιστικά όταν κινούνται και να μπορούν να μεταχειρίζονται ως μοντέλα μέσω αρθρώσεων και οστών, σε μια διαδικασία γνωστή ως skeletal animation.

2.1.3.Χαρτογράφηση Υφής (Texture Mapping)

Οι υφές (textures) είναι απλές εικόνες πραγματικών απεικονίσεων που με κατάλληλες διαδικασίες προσαρμόζονται και επικολλούνται στην επιφάνεια των αντικειμένων ώστε να δείχνει σαν να έχει κατασκευαστεί από πραγματικό υλικό, όπως για παράδειγμα ξύλο ή μέταλλο. Όσο πιο καλά απεικονισμένες είναι οι εικόνες αυτές, τόσο πιο αληθοφανές θα είναι το αποτέλεσμα. Οι υφές αυτές εφαρμόζονται στα επιμέρους πολύγωνα τα οποία απαρτίζουν ένα αντικείμενο με διάφορες τεχνικές όπως κυβικά, κυλινδρικά ή σφαιρικά και η διαδικασία αυτή ονομάζεται χαρτογράφηση υφής (texture mapping). Σε ένα πολύγωνο μπορούν να εφαρμοστούν πάνω από μία υφές. Οι επιπλέον υφές ονομάζονται υφές λεπτομέρειας (detail texture) και χρησιμοποιούνται για να τονίσουν λεπτομέρειες του αντικειμένου που γίνονται ορατές όταν η κάμερα θέασης πλησιάσει σε αρκετά κοντινή απόσταση στην επιφάνεια των πολυγώνων.

Πέραν της χαρτογράφησης υφής υπάρχουν και άλλες τεχνικές που εφαρμόζονται, όπως η **reflectance mapping** η οποία χρησιμοποιείται για να εμφανιστούν ανακλάσεις του γύρω περιβάλλοντος πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου. Ακόμα, η τεχνική **image mapping** χρησιμοποιείται για την προβολή ενός δισδιάστατου κινουμένου σχεδίου πάνω σε ένα αντικείμενο για την παραγωγή εμφωλευμένης σχεδιοκίνησης (animation). Η τεχνική **bump mapping** είναι χρήσιμη για την απόδοση εξογκωμάτων στην επιφάνεια αντικειμένων, όπως σε περιπτώσεις επιφάνειας βράχων, στο δέρμα ζώου κλπ. Τέλος, η τεχνική **procedural mapping** χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η εμφάνιση των υφών των αντικειμένων μεταβάλλεται στο χρόνο, όπως είναι το τρεχούμενο νερό σε επιφάνειες λίμνης ή θάλασσας, φθορές φωτιάς σε αντικείμενα κλπ. [13]



2.1.4. Φωτισμός

Μία σημαντική παράμετρος στην εμφάνιση των αντικειμένων είναι ο φωτισμός και η σκίαση τους. Ο φωτισμός δημιουργεί τις χρωματικές διαβαθμίσεις του χώρου και παρέχει πληροφορίες για την επιφάνεια που απεικονίζεται, ενώ η σκίαση παρέχει την αίσθηση του βάθους και όγκου προσδιορίζοντας την θέση των αντικειμένων μέσα στο χώρο. Όλα τα προγράμματα δημιουργίας και απεικόνισης τρισδιάστατων γραφικών υποστηρίζουν τη παραγωγή φωτισμού της σκηνής με διάφορες πηγές φωτός (λάμπα, κερί, ήλιος κλπ). Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης απεικόνισης σε σχέση με την πραγματικότητα είναι ότι τέτοιες πηγές φωτός μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε μέσα στη σκηνή, ακόμα και μέσα σε αντικείμενα, για να φωτίσουν ρεαλιστικά το χώρο, χωρίς απαιτήσεις για πρόσθετες τεχνικές εργασίες [13].

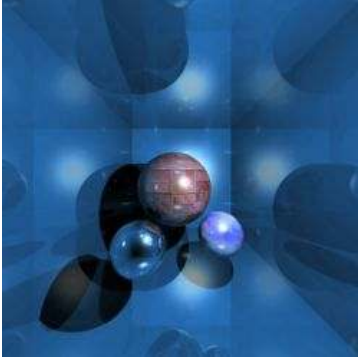
2.1.5. Φωτορεαλιστική Απεικόνιση (Rendering)

Η φωτορεαλιστική απεικόνιση ή αλλιώς rendering είναι η διαδικασία ρεαλιστικής απόδοσης των χαρακτηριστικών ενός μοντέλου με τη χρήση χρωμάτων, υφών, φωτισμού και σκιάσεων. Όσο πιο περίπλοκο είναι ένα μοντέλο τόσο μεγαλύτερες είναι και οι απαιτήσεις σε χρόνο. Τα περισσότερα προγράμματα τρισδιάστατων γραφικών διαθέτουν αρκετές τεχνικές για την φωτορεαλιστική απεικόνιση, η ταχύτητα των οποίων εξαρτάται από τη επιθυμητή ρεαλιστικότητα του παραγόμενου μοντέλου.

Ο **renderer** είναι το πρόγραμμα εκείνο που είναι υπεύθυνο να παράγει τη τελική φωτορεαλιστικά απεικονισμένη σκηνή. Πρόκειται για μία αρκετά σύνθετη διεργασία που λαμβάνει υπόψη πολλές επιμέρους παραμέτρους ώστε να παράγει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα που να προσεγγίζει ρεαλιστικά την πραγματικότητα. Πολλές διαφορετικές και συχνά εξειδικευμένες μέθοδοι φωτορεαλιστικής απεικόνισης έχουν αναπτυχθεί. Αυτές εκτείνονται από την σαφώς μη ρεαλιστική απόδοση τύπου **wireframe** μέσω απεικόνισης των επιμέρους πολυγώνων, μέχρι πιο προηγμένες τεχνικές¹, όπως: **scanline rendering**, **raytracing**, ή **radiosity**. Η διαδικασία της φωτορεαλιστικής απεικόνισης μπορεί να διαρκέσει από κλάσματα του δευτερολέπτου έως και μία ολόκληρη ημέρα για να παραχθεί μία ενιαία εικόνα / καρτέ. Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι που εφαρμόζονται καλύτερα ανάλογα με τον τύπο απεικόνισης που απαιτείται, δηλαδή αν πρόκειται για φωτο-ρεαλιστική απόδοση ή για γραφική απόδοση σε πραγματικό χρόνο [13].

¹ Οι πέντε πιο σημαντικές τεχνικές φωτορεαλιστικής απεικόνισης είναι οι: Flat Shading, Gouraud, Phong, Ray Tracing και Radiosity





Εικόνα 2 Ray-traced εικόνα που χρειάζεται δευτερόλεπτα ή λεπτά για να αποδοθεί γραφικά (render).

2.2. Τρισδιάστατη Σχεδιοκίνηση (3D Animation)

Το animation (σχεδιοκίνηση) σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα γίνεται με παρόμοιο τρόπο όπως στα δισδιάστατα γραφικά. Η κύρια διαφορά στην υλοποίηση σε 3D χώρους έγκειται στο γεγονός ότι στον τρισδιάστατο χώρο λαμβάνεται υπόψη και η τρίτη διάσταση του βάθους πεδίου (μετατόπιση στο **χώρο**) σε αντίθεση με τα 2D μοντέλα όπου λαμβάνονται υπόψη μόνο οι παράμετροι χρόνου και μετατόπισης στο **επίπεδο**. Για να δημιουργηθεί το οποιοδήποτε τρισδιάστατο μοντέλο με υφές και φωτισμό και χαρακτηριστικά κίνησης απαιτείται αρκετός χρόνος αλλά και τεχνική ικανότητα. Για να παραχθούν τρισδιάστατα ρεαλιστικά εικονικά περιβάλλοντα, σχεδιάζονται μοντέλα και χαρακτήρες τα οποία διαθέτουν δυνατότητες κίνησης και αλληλεπίδρασης. Η δημιουργία 3D animation χωρίζεται σε τρία βασικά στάδια:

- ❖ Τη **μοντελοποίηση**
- ❖ Την **απόδοση σχεδιοκίνησης (animation)** και
- ❖ Τη **φωτορεαλιστική απεικόνιση**

Στη συνέχεια αναλύεται το στάδιο απόδοσης σχεδιοκίνησης (animation) καθώς τα στάδια μοντελοποίησης και φωτορεαλιστικής απεικόνισης έχουν περιγραφεί σε προηγούμενες ενότητες.



2.2.1. Απόδοση Σχεδιοκίνησης (Animation)

Στο στάδιο αυτό, αφού έχουν δημιουργηθεί τα αντικείμενα μαζί με τις υφές, τις σκιάσεις και τον φωτισμό τους, αποδίδονται οι ιδιότητες κίνησης στα αντικείμενα αυτά. Οι βασικές μέθοδοι απόδοσης animation είναι τρεις (3):

- Η μέθοδος **key frames** (σημαντικών καρέ)

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στα περισσότερα προγράμματα κατασκευής 3D. Τα μοντέλα τοποθετούνται σε σημαντικά χρονικά σημεία σε συγκεκριμένες θέσεις του κόσμου και το πρόγραμμα αναλαμβάνει να συμπληρώσει τα ενδιάμεσα καρέ βάσει της τροχιάς κίνησης που έχει οριστεί (in be-tweening). Ακόμα, προσφέρονται αρκετές τεχνικές με τις οποίες μπορούν να προσομοιώνονται διάφορα εφέ και να μεταβάλλεται και να ομαλοποιείται η κίνηση για την παραγωγή ρεαλιστικών αποτελεσμάτων.

- Η μέθοδος **παραμετρικών key frames**

Η μέθοδος των παραμετρικών σημαντικών καρέ έχει την ίδια λογική μόνο που κάθε οντότητα (αντικείμενο, κάμερα, φως) χαρακτηρίζεται από παραμέτρους. Ο σχεδιαστής δημιουργεί τα key frames καθορίζοντας τις κατάλληλες τιμές των παραμέτρων αυτών.

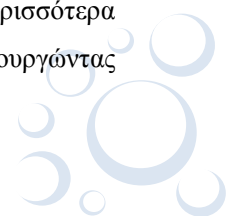
- Το διαδικαστικό (**procedural**) animation

Πρόκειται για μία αλγοριθμική μέθοδο όπου χρησιμοποιούνται ορισμένες χωρικές και χρονικές μετατροπές (περιστροφή, μετακίνηση, κλπ), οι οποίες καθορίζονται από παραμέτρους (πχ τη γωνία περιστροφής) οι οποίες μπορούν να αλλάξουν κατά τη διάρκεια του animation.

2.2.2. Τεχνικές Τρισδιάστατης Σχεδιοκίνησης

Σήμερα, πέραν των παραδοσιακών μεθόδων απόδοσης animation έχουν αναπτυχθεί διάφορες άλλες τεχνικές όπως: η κινηματική (**kinematics**), η αντίστροφη κινηματική (**inverse kinematics**), η δυναμική (**dynamic**), η καταγραφή κίνησης (**motion capture**) πραγματικών μοντέλων κ.ά. [13] Επιπλέον υπάρχουν και πιο εξειδικευμένες τεχνικές για τη σχεδιοκίνηση ρούχων, μαλλιών, ακόμα και μορφασμών του προσώπου σε ανθρώπινα μοντέλα (**Humanoid Animation – H-Anim**).

Η κινηματική (kinematics) αφορά τις ιδιότητες των αντικειμένων όπως τη θέση, τη ταχύτητα και την επιτάχυνσή τους. Σε περιπτώσεις όπου το αντικείμενο είναι τεμαχισμένο σε περισσότερα κομμάτια (πχ ανθρωπόμορφα μοντέλα), τα κομμάτια αυτά συνδέονται μεταξύ τους δημιουργώντας



μια δενδρική ιεραρχία. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχουν δύο (2) τρόποι εφαρμογής της κινηματικής: η **κανονική** και η **αντίστροφη**.

Η δυναμική (dynamic) είναι αυτή που θα δώσει στο αντικείμενο τις φυσικές του ιδιότητες. Η τεχνική αυτή λαμβάνει υπόψη τους νόμους της Φυσικής και προσθέτει στην κίνηση ενός αντικειμένου χαρακτηριστικά ρεαλιστικότητας. Σε αυτή τη περίπτωση λαμβάνονται υπόψη για τη κίνηση του αντικειμένου τα φυσικά του στοιχεία όπως για παράδειγμα το υλικό του, το βάρος του και το μέγεθός του, η πυκνότητά του κ.ά.

Στην καταγραφή της κίνησης πραγματικών μοντέλων (motion capture), χρησιμοποιούνται εξειδικευμένοι αισθητήρες για να καταγράψουν την κίνηση ενός ανθρώπου ή ζώου. Τα δεδομένα που εξάγονται από τους αισθητήρες αυτούς, χρησιμοποιούνται σε ειδικά προγράμματα animation για να δημιουργήσουν την κίνηση των χαρακτήρων.

2.2.3.Εφαρμογές 3D Animation

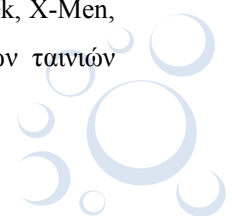
Στην εποχή αυτή όπου οι τεχνολογίες εξελίσσονται διαρκώς, η χρήση τρισδιάστατων απεικονίσεων βρίσκει εφαρμογή ολοένα και περισσότερο. Επομένως, οι εφαρμογές που απεικονίζουν γραφικά 3D εικονικούς χώρους σε συνδυασμό με animation, αποκτούν όλο και περισσότερη βαρύτητα και εκτείνονται σε ένα ευρύ φάσμα τομέων [13]. Αφαιρετικά οι τομείς αυτοί μπορούν να χωριστούν σε οκτώ (8) κεντρικές κατηγορίες ενδιαφέροντος, οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια.

❖ Τηλεόραση

Στην τηλεόραση το animation, είτε πρόκειται για δισδιάστατο είτε για τρισδιάστατο, χρησιμοποιείται κατά κόρον στους τίτλους και τα λογότυπα των εκπομπών με ρεαλιστικά γραφικά για να προσελκύει το ενδιαφέρον των θεατών. Παρόλα αυτά, η κύρια χρήση του είναι για την παραγωγή κινουμένων σχεδίων και διαφημιστικών spot. Τα τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιούνται στην αναπαράσταση αντικειμένων και προϊόντων τα οποία στη συνέχεια κινούνται μέσα στο περιβάλλον της διαφήμισης ώστε να κρατήσουν το ενδιαφέρον του θεατή όσο παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του. Συνήθως τα γραφικά αυτά συνδυάζονται με εικόνες που παράγονται από τη πραγματική ταινία με τέτοιο τρόπο, όπου στην τελική παραγωγή είναι δύσκολο να ξεχωρίσει ο απλός θεατής το πραγματικό από το εικονικό μέρος.

❖ Κινηματογράφος

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία τεράστια άνοδος στον αριθμό των κινηματογραφικών ταινιών που χρησιμοποιούν τρισδιάστατα γραφικά μέσα σε κινηματογραφικές σκηνές (Shrek, X-Men, Lord Of The Rings κ.ά.). Η μεγαλύτερη ώθηση δόθηκε με τη δημιουργία ολόκληρων ταινιών



κατασκευασμένες εξ ολοκλήρου με ηλεκτρονικούς υπολογιστές με τη χρήση τρισδιάστατων γραφικών (Ice Age, Avatar κ.ά.). Σήμερα, η τεχνολογία παραγωγής τρισδιάστατων γραφικών έχει εξελιχθεί σε τέτοιο σημείο ώστε να μπορούν να αναπαρίστανται γραφικά ακόμα και ανθρώπινοι χαρακτήρες με αρκετά ρεαλιστικό τρόπο.

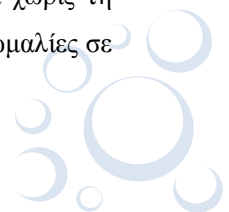
❖ Εκπαίδευση

Η τεχνική των 3D απεικονίσεων και animation χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Μοντέλα που αναπαριστούν θεμελιώδεις έννοιες μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να φανταστούν τα αντικείμενα και τις έννοιες και να κατανοήσουν δυσνόητες θεωρητικές έννοιες, ενώ παράλληλα οι μαθητές μπορούν να μαθαίνουν καλύτερα με διασκέδαση ενώ το ενδιαφέρον τους δεν αποσπάται σε άλλες δραστηριότητες. Επιπλέον, το animation διαφόρων μοντέλων επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν προσομοιώσεις καταστάσεων και διαδικασιών και να δείξουν τα πράγματα στους μαθητές ακριβώς πως λειτουργούν στην πραγματικότητα με κατανοητό τρόπο.

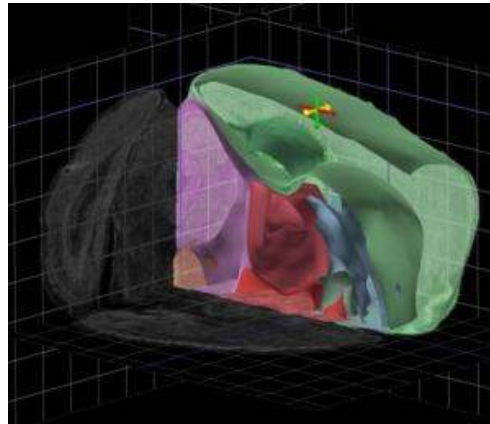
❖ Επιστήμη

Η εμφάνιση των υπολογιστών και των τρισδιάστατων γραφικών έχει δώσει μία νέα άνθηση στις επιστήμες όπως η χημεία, η ιατρική, η γεωλογία, η αστρονομία, και η πυρηνική φυσική. Η χρήση του animation επιτρέπει να προσομοιωθούν φυσικά φαινόμενα και καταστάσεις με ερευνητικό χαρακτήρα που είναι εξαιρετικά δύσκολο να γίνουν στη πραγματικότητα. Οι επιστήμονες και ερευνητές μπορούν να εξάγουν τρισδιάστατες εικόνες των πειραμάτων και να μελετήσουν τα διάφορα αποτελέσματα κάτω από διαφορετικές εκδοχές του πειράματος ακίνδυνα και αποτελεσματικά. Για παράδειγμα, στον τομέα της Χημείας τα άτομα και μόρια είναι εξαιρετικά μικροσκοπικά από τη φύση τους για να μελετηθούν χωρίς τη χρήση ειδικών εργαλείων. Η χρήση 3D αναπαραστάσεων και animation είναι το τέλειο εργαλείο για τους ερευνητές. Μπορούν να δημιουργήσουν ρεαλιστικά μοντέλα των μορίων και να παρακολουθήσουν τον τρόπο που αυτά τα μόρια θα αλληλεπιδράσουν το ένα με το άλλο κάτω από τις συνθήκες που ορίζουν οι ίδιοι.

Η χρήση των 3D μοντέλων και του animation στην ιατρική έχει συμβάλει στη μελέτη των ανθρώπινων οργάνων με ακίνδυνο τρόπο, ιδιαίτερα σε σημεία όπου είναι ανέφικτη η ακίνδυνη πρόσβαση από τους ιατρούς. Για παράδειγμα μία μαγνητική χαρτογράφηση παίρνει τις εικόνες των τμημάτων ενός μέρους ενός σώματος (πχ εγκέφαλος) κάθε μισό εκατοστόμετρο. Κατόπιν τα στοιχεία αυτά εισάγονται σε έναν υπολογιστή, ο οποίος αναλαμβάνει να κατασκευάσει και να απεικονίσει γραφικά το αντιπροσωπευτικό εικονικό μοντέλο. Έτσι, το εξειδικευμένο ιατρικό προσωπικό μπορεί να έχει μία πολύ σαφή εικόνα του μοντέλου και έχει τη δυνατότητα να το εξερευνήσει χωρίς τη περιττή χρήση χειρουργικών επεμβάσεων. Έτσι μπορούν να διαγνωστούν παθήσεις και ανωμαλίες σε



μέρη του σώματος που έχουν αυξημένα ποσοστά επικινδυνότητας στις επεμβάσεις, όπως ο εγκέφαλος.



Εικόνα 3 3D Απεικόνιση εγκεφάλου για μελέτη νευρολογικών παθήσεων

❖ Μηχανική

Στον τομέα της μηχανικής, οι κατασκευαστές μηχανικών εξαρτημάτων και οχημάτων έχουν αυξημένες απαιτήσεις προσομοίωσης των εικονικών μοντέλων των κατασκευών με ρεαλιστικό animation. Με αυτό τον τρόπο, εστιάζουν περισσότερο στην μελέτη και προσομοίωση λειτουργίας των κατασκευών τους υπό συγκεκριμένες συνθήκες και δεν επικεντρώνονται τόσο στις λεπτομέρειες ρεαλισμού των επιφανειών. Έτσι, οι μηχανικοί μπορούν να ελέγχουν και να μελετούν τη λειτουργία και τη συμπεριφορά των κατασκευών αυτών κάτω από δύσκολες συνθήκες όπως σεισμοί και δύσκολες καιρικές συνθήκες. Ένα καλό παράδειγμα προσομοίωσης κατασκευών βρίσκεται στον τομέα αεροναυπηγικής, όπου τα τμήματα των νέων αεροσκαφών απεικονίζονται σε εικονικά μοντέλα και δοκιμάζονται οι αντοχές του υλικού τους σε αντίξοες συνθήκες, πριν να εφαρμοστούν πρακτικά (π.χ. Boeing, Airbus).

❖ Αρχιτεκτονική

Ένας από τους λόγους για την ανάπτυξη των εικονικών περιβαλλόντων ήταν η αξιοποίηση της από τον αρχιτεκτονικό κλάδο. Ο αρχιτέκτονας μπορεί να σχεδιάσει ένα κτίριο ευκολότερα μέσω υπολογιστή χρησιμοποιώντας 3D μοντέλα και να παράγει ένα απόλυτα λεπτομερές και ρεαλιστικό αποτέλεσμα σε τρισδιάστατη μορφή (AutoCAD, KPS Design Studio). Αξιοποιώντας τις 3D αναπαραστάσεις, οι αρχιτέκτονες και κατασκευαστικές εταιρίες μπορούν να δημιουργούν ένα εικονικό κόσμο που αναπαριστά το οίκημα με animation, όπου ο πελάτης μπορεί να πλοηγηθεί σε οποιοδήποτε χώρο του εσωτερικού.



❖ Αρχαιολογία

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση εικονικών κόσμων με animation στον αρχαιολογικό τομέα. Συνήθως, οι αρχαιολόγοι κατασκευάζουν φυσικά μοντέλα, τα οποία είναι πολύ εύθραυστα, παίρνουν πολύ χρόνο να ολοκληρωθούν και επιπλέον χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή. Η χρήση των 3D γραφικών μπορεί να βοηθήσει στην ανάπλαση της αρχικής σκηνής δημιουργώντας εικονικούς κόσμους με ρεαλιστικές απεικονίσεις, υφές και σκιάσεις υπό οποιαδήποτε οπτική γωνία. Σήμερα με τη βοήθεια των εικονικών αναπαραστάσεων οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να περιηγηθούν σε τρισδιάστατες αναπαραστάσεις εικονικών αναστηλώσεων αρχαίων πόλεων όπως στην αρχαία Κνωσό.

❖ Προσομείωση (Simulation)

Με τη χρήση του 3D animation μπορούν να προσομοιωθούν διάφορες ή/και αντίξοες συνθήκες, όπως στην κατάρτιση των πιλότων της αεροπορίας σε εξομοιωτές πτήσης αεροσκαφών (flight simulators). Η εκπαίδευση και κατάρτιση των πιλότων με αυτή τη τεχνική είναι πολύ οικονομικότερη αλλά και ασφαλής. Ταυτόχρονα, η εκπαίδευση των υποψήφιων πιλότων μπορεί να γίνει υπό όλες τις καιρικές συνθήκες καθώς και σε συνθήκες βλάβης ή δυσλειτουργίας μηχανικών μερών του αεροσκάφους. Σήμερα οι προσομοιωτές χρησιμοποιούνται τόσο στην εκπαίδευση και κατάρτιση πιλότων αλλά και στη διασκέδαση (παιχνίδια εξομοίωσης αεροσκάφους). Ο τομέας της προσομοίωσης εμπίπτει στον τομέα των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality – VR).



3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΜΑΤΟΣ

3.1. Κίνητρο και Σχετικές Εργασίες

Το πρότυπο MPEG-7 παρέχει περιορισμένα εργαλεία για την επίτευξη μίας αποτελεσματικής περιγραφής τρισδιάστατου περιεχόμενου, ιδίως για 3D μοντέλα τα οποία είναι βασισμένα στην XML κωδικοποίηση, όπως στην περίπτωση του X3D. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το MPEG-7 παρέχει ορισμούς για την περιγραφή 3D μοντέλων τα οποία είναι αναλυμένα ως περίπλοκα πλέγματα (meshes) χαμηλού επιπέδου ή με βάση την φασματική τους ανάλυση, ενώ το μορφότυπο X3D παρέχει ήδη απλουστευμένες αναπαραστάσεις των αντικειμένων που εμπεριέχονται με βάση πρωτόγονες (**primitives**) και ογκομετρικές (**volumetric**) γεωμετρικές αναπαραστάσεις, μέσω της XML κωδικοποίησης. Εν τω μεταξύ, μια πλήρης περιγραφή των αντικειμένων που περιέχονται σε μια X3D σκηνή αποτελείται από πολύ περισσότερα στοιχεία από εκείνα των γεωμετρικών και διάφορων σχηματικών χαρακτηριστικών. Για να περιγραφούν αποτελεσματικά σκηνές τύπου X3D πρέπει να καθοριστούν επίσης οι ιδιότητες κίνησης και οι διαθέσιμες υφές των αντικειμένων που εμπεριέχονται, καθώς και θέματα διαδραστικότητας με άλλα αντικείμενα της σκηνής ή με εξωτερικούς παράγοντες. Σε μια προσπάθεια εκμετάλλευσης του πλήρους δυναμικού των MPEG-7 και X3D προτύπων για την αποτελεσματική και ανεξάρτητη περιγραφή της σημασιολογικής πληροφορίας μιας σκηνής X3D, απαιτούνται ορισμένες επεκτάσεις στις δομές περιγραφών (descriptions) που ορίζει το MPEG-7 πρότυπο.



Προς το παρόν, η ενσωμάτωση X3D περιεχομένου στο MPEG-7 πρότυπο είναι περιορισμένη σε ό, τι αφορά τις περιγραφές περιεχομένου, ενισχυόμενο από το γεγονός ότι υπάρχουν πολύ λίγα παραδείγματα εφαρμογών που χρησιμοποιούν περιγραφές MPEG-7 για τη σημασιολογική περιγραφή X3D δεδομένων. Η προηγούμενη σχετική ερευνητική βιβλιογραφία για τη σημασιολογική περιγραφή του X3D περιεχομένου μέσω MPEG-7 επικεντρώνεται κυρίως είτε στον καθορισμό μεθόδων για την επέκταση των MPEG-7 Description Schemes για τη παροχή πολλαπλών Media Locators των 3D μοντέλων με στόχο την κατάταξη (indexing) και ανάκτηση (retrieval) του 3D περιεχομένου [15] [16] [17] ή στην παρουσίαση γενικευμένων μεθόδων περιγραφής ειδικών χαρακτηριστικών των 3D μοντέλων, όπως για παράδειγμα τη διαδραστικότητα των αντικείμενων [18] [19].

Στην έρευνα του Bilasco κ.ά. [15][16][17] χρησιμοποιήθηκε το MPEG-7 για την κατάταξη του 3D περιεχομένου μέσα στις X3D σκηνές βάσει της τοποθεσίας του. Όπως αναφέρεται στην έρευνα τους, λόγω του γεγονότος ότι ένα αντικείμενο X3D μπορεί να αποθηκευτεί σε πολλές καταχωρήσεις αρχείων, ή ακόμη και μία μεγαλύτερη σκηνή X3D μπορεί να χωριστεί σε περισσότερα μικρότερα αρχεία, είναι απαραίτητοι πολλαπλοί MPEG-7 *MediaLocator* descriptors για να περιγράψουν μια οντότητα αναφέροντας όλες τις τοποθεσίες στις οποίες είναι αποθηκευμένο. Για το λόγο αυτό, οι Bilasco κ.ά. προτείνουν νέα εργαλεία περιγραφής, τα Structural Locator και 3D Region Locator. Το *StructuralLocatorType* αποσκοπεί στην υποστήριξη της τοπικής τοποθεσίας των αντικειμένων που βρίσκονται σε διάφορες καταχωρήσεις του αρχείου, επιτρέποντας πολλαπλές URIs στο descriptor. Η έρευνα συνεχίζεται παρουσιάζοντας το 3D Annotation Framework (3DAF) βασισμένο σε ένα επεκτάσιμο 3D Semantic Annotation Model (3DSEAM) που έχει αναπτυχθεί για να προστίθενται σημασιολογικές πληροφορίες στην γεωμετρική μοντελοποίηση της X3D σκηνής, επιτρέποντας XML ερωτήματα για την ανάκτηση του περιεχομένου βάσει της δομής των αντικειμένων και η τοποθεσία.

Αν και η εργασία που περιγράφεται παραπάνω διευκολύνει στην ευρετηρίαση και την ανάκτηση των X3D αντικειμένων επιτρέποντας την επαναχρησιμοποίηση των μοντέλων που υπάρχουν στο ευρετήριο της αποθήκης περιεχομένου, έχει κενά στη δημιουργία ενός πλήρους profile σημασιολογικών περιγραφών των X3D μοντέλων, καθώς δεν αντιμετωπίζονται θέματα όπως την κίνηση, τις υφές και τη διαδραστικότητα.

Στα [18][19], ο Chmielewski παρουσιάζει το *Multimedia Interaction Model* το οποίο προορίζεται να προσφέρει μια λύση για την περιγραφή των αλληλεπιδράσεων των αντικειμένων. Υλοποιεί την ιδέα του *Interaction Interface* που βασίζεται στο γεγονός ότι τα 3D αντικείμενα έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να ομαδοποιηθούν μέσω της συγκεκριμένης διεπαφής. Το ίδιο το Interface επιτρέπει στο *Multimedia Interaction Model* να μην περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο τομέα της εκπροσώπησης των 3D γραφικών, αλλά στην παροχή ενιαίων μεθόδων



για την περιγραφή των αλληλεπιδράσεων του 3D περιεχομένου που μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα με τις κατάλληλες τροποποιήσεις.

Και πάλι, αν και η εργασία αυτή θεωρείται σημαντική, παρέχει μια γενικευμένη μέθοδο για την περιγραφή των αλληλεπιδράσεων 3D αντικειμένων, ενώ η μορφή του X3D σε XML αναπαραστάσεις παρέχει ήδη την άμεση εκτίμηση της διαδραστικότητας κάθε αντικειμένου απευθείας από τον ορισμό του XML, καθιστώντας τη διαδικασία της σημασιολογικής περιγραφής ταχύτερη και πιο αποτελεσματική όταν δημιουργείται απευθείας από ένα έγγραφο X3D.

Η συσχέτιση των X3D εγγράφων σε μία εξωτερική οντολογία συγκεκριμένου τομέα [20] παρέχει μια ενδιαφέρουσα περίπτωση για την περιγραφή πραγματικών και εικονικών σημασιολογικών αντικειμένων [21] σε X3D κόσμους. Οι συγγραφείς προτείνουν τη λύση της εισαγωγής κόμβων metadata στην υπάρχουσα εκπροσώπηση X3D XML. Με τη μέθοδο αυτή, σύνολα από κόμβους *MetadataSet* συνδέονται με τον κόμβο *WorldInfo*, με κάθε *MetadataSet* να περιέχει τις σημασιολογικές πληροφορίες για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο από την αντίστοιχη σκηνή. Οι σημασιολογικές περιγραφές συνδέονται στη συνέχεια με μια εξωτερική RDF Schema βασισμένη οντολογία για την παροχή μίας σκηνής-ανεξάρτητης σημασιολογικής περιγραφής. Και πάλι, ενώ η λύση παρέχει μια εξωτερική οντολογία για τη σημασιολογία, απαιτεί την ίδια στιγμή τροποποιήσεις που πρέπει να γίνουν στα υφιστάμενα X3D αρχεία με την προσθήκη επιπλέον metadata πληροφοριών.

Στο [3], οι Papaleo κ.ά. εισάγουν ένα πλαίσιο για την κατάτμηση των πολύπλοκων X3D σκηνών σε πρωτόγονα σχήματα που μπορούν να περιγραφούν χειροκίνητα με τη χρήση σημασιολογικού γράφου. Παρά τις προσπάθειες που καταβάλλονται για τη δημιουργία εξωτερικών ή εσωτερικών οντολογιών RDF και σημασιολογικών γράφων, το MPEG-7 παρέχει πολύ καλύτερη υποστήριξη για την περιγραφή πολυμεσικού περιεχομένου και συνδυάζει μια ευρεία αποδοχή με την ικανότητα της ενσωμάτωσης σε άλλες πλατφόρμες πολυμέσων (όπως MPEG-4 και MPEG-21), ιδιαίτερα χρήσιμο για cross-platform εφαρμογές.

Μέχρι σήμερα, δεν έχει βρεθεί κάποια έρευνα με στόχο να λύσει τα θέματα ενσωμάτωσης του περιεχομένου X3D και της MPEG-7 περιγραφής διαχείρισης περιεχομένου με αποτελεσματικό και ανεξάρτητο τρόπο. Η ερευνητική προσπάθεια της παρούσας πτυχιακής εργασίας προσπαθεί να "γεφυρώσει το χάσμα" μεταξύ X3D και MPEG-7 με την ενίσχυση του MPEG-7 Schema δημιουργώντας ένα σύνολο από επεκτάσεις και τροποποιήσεις των descriptors και να διευκολύνει την πλήρη σημασιολογική περιγραφή του περιεχομένου X3D μέσω MPEG-7, εμπλουτίζοντας το πρότυπο.



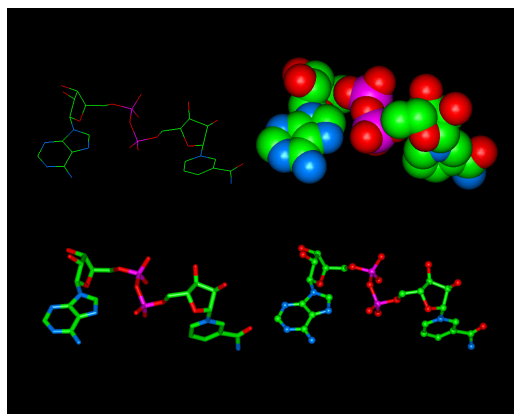
Η παροχή ενός αποτελεσματικού μηχανισμού που παρέχει πλήρη περιγραφή θα ενοποιήσει και να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της καθολικής περιγραφής των 3D μοντέλων σε ζητούμενες εφαρμογές, καθώς τα 3D μοντέλα χρησιμοποιούνται ευρέως σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Στον εμπορικό τομέα [6], οι τελικοί χρήστες σε απομακρυσμένες περιοχές έχουν τη δυνατότητα να προβάλλουν, να προσαρμόζουν και να συγκρίνουν τα προϊόντα προβάλλοντας τις αναπαραστάσεις των 3D μοντέλων τους από διαφορετικές οπτικές γωνίες και προοπτικές. Μπορούν να επιλέξουν από μια ποικιλία των προϊόντων που καταχωρούνται στις αποθήκες μοντέλων, να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν τις ομοιότητες και τα χαρακτηριστικά τους πριν να λάβουν την οποιαδήποτε απόφαση για την αγορά ενός προϊόντος. Πρόσθετες metadata πληροφορίες και χαρακτηριστικά του προϊόντος όπως την ιστορία και σχεδιασμό τους περιλαμβάνεται επίσης και ενημερώνεται δυναμικά για τον εκάστοτε χρήστη. Οι χαρακτηριστικές αυτές πληροφορίες επισυνάπτονται με την απεικόνιση των προϊόντων μέσω εικονικών περιγραφών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους συγγραφείς ή ακόμη και τους άλλους χρήστες σε πραγματικό χρόνο. Ως εκ τούτου, μια καθολική MPEG-7 περιγραφή θα βοηθήσει στην αντιστοίχιση ομοιοτήτων και την προσαρμοσμένη ανάκτηση των διαθέσιμων προϊόντων μέσω του Ιστού ανεξάρτητα από το τοπικό χώρο αποθήκευσης τους. Ταυτόχρονα, ένα ενοποιημένο σύστημα MPEG-7 περιγραφής μπορεί να εφαρμοστεί σε μια ποικιλία από διαφορετικές εμπορικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν 3D απεικονίσεις του προϊόντος. Το ίδιο περιεχόμενο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εμπορικές εφαρμογές με τη παροχή της αντίστοιχης MPEG-7 περιγραφής του, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης και επιλύοντας θέματα διαλειτουργικότητας μεταξύ πολλαπλών δια-πλατφορμικών εφαρμογών ιστού.

Στον ιατρικό κλάδο, ορισμένα εσωτερικά όργανα ή ακόμη μικρότερα κύτταρα μπορούν να απεικονιστούν γραφικά, μέσω 3D μοντέλων, βοηθώντας στην ιατρική διάγνωση και θεραπεία. Γνώσεις που αποκτούνται μέσω οπτικών αναπαραστάσεων για τη λειτουργία κάθε οργάνου και τον τρόπο που ανταποκρίνεται σε ορισμένες θεραπείες μπορούν να βοηθήσουν στη δημιουργία νέων θεραπευτικών μεθόδων για τις ασθένειες χωρίς πειράματα σε ανθρώπινα κύτταρα.

Την ίδια στιγμή, στον τομέα της βιολογίας έχουν απομονωθεί και στοιχειωθεί πολλά γονιδιώματα τα οποία είναι υπεύθυνα για το χαρακτηρισμό των γονιδίων και πρωτεϊνών [7]. Η χρήση οπτικών αναπαραστάσεων της δομής των πρωτεϊνών και της διαδικασίας δημιουργίας, σε συνδυασμό με τη σημασιολογική περιγραφή μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη αυτοματοποιημένων μεθόδων και υπολογισμών για τη συμπεριφορά των γονιδίων, και την παροχή γνώσεων σχετικά με τις ανθρώπινες διαταραχές και τα κληρονομικά χαρακτηριστικά. Οι ενοποιημένες MPEG-7 σημασιολογικές περιγραφές σχετικά με τις διάφορες δομές πρωτεϊνών μπορούν να επιλύσουν τα ζητήματα της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης του περιεχομένου των 3D αναπαραστάσεων, καθώς παρόμοιες πρωτεΐνες και τα μόρια μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να πολλαπλασιάζεται εντός των κυττάρων μέσω της γραφικής MPEG-7 περιγραφής τους, ανάλογα με τις βιοϊατρικές

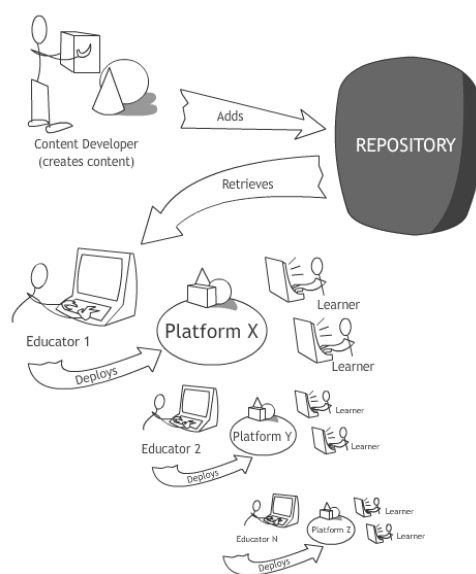


δοκιμές και τους υπολογισμούς. Επιπλέον, καθώς οι 3D δομές πρωτεΐνης περιέχουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, μπορούν να υποδιαιρεθούν σε μικρότερες παραστάσεις και να αποθηκεύονται χωριστά σε κατανεμημένα συστήματα δικτύου, επιτρέποντας την ανταλλαγή περιγραφικών πληροφοριών μέσω των MPEG-7 σημασιολογικών περιγραφών για την ανταλλαγή πληροφοριών καθολικά χωρίς την ανάγκη να μεταφέρεται η πραγματική 3D απεικόνιση της πρωτεϊνικής δομής.



Εικόνα 4 3D αναπαράσταση χημικών ενώσεων και μοριακών δομών

Στην εκπαίδευση, κατασκευάζονται συνεργαζόμενα περιβάλλοντα για να βοηθήσουν στην διαδραστική εκπαίδευση [22][23]. Αυτά τα περιβάλλοντα μπορούν να χρησιμοποιούν MPEG-7 για τη βελτίωση της επαναχρησιμοποίησης και της ανταλλαγής του εκπαιδευτικού περιεχομένου.

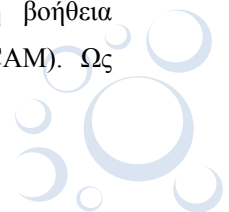


Εικόνα 5 Διαδραστική πλατφόρμα εκπαίδευσης με τη χρήση 3D περιεχομένου



Στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς [8], ιστορικά μνημεία μπορούν να αποκατασταθούν και να διατηρηθούν μέσω επιστημονικά επικυρωμένων 3D μοντέλων τα οποία αποθηκεύονται σε μεγάλες αποθήκες (βάσεις δεδομένων). Ο συνδυασμός του ίδιου του μοντέλου μαζί με τη περιγραφή των χαρακτηριστικών και της σημασιολογικής πληροφορίας του, επιτρέπουν την ανάπτυξη μηχανισμών που αποσκοπούν στη διατήρηση και αναθεώρηση μνημείων ιστορικής ή πολιτιστικής αξίας. Οι μηχανισμοί αυτοί μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ομότιμη αξιολόγησή τους, τη δημοσίευση, την ενημέρωση και τη διάδοση των 3D μοντέλων απεικόνισης. Ως εκ τούτου, ιστορικά μνημεία και έργα τέχνης μπορούν να υποδιαιβρεθούν σε μικρότερα σημαντικά μοντέλα και να αποθηκεύονται σε διαφορετικούς χώρους μαζί με τη σημασιολογική πληροφορία τους. Οι MPEG-7 περιγραφές των επιμέρους μοντέλων μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ευκολότερης πρόσβασης και επαναχρησιμοποίησης του περιεχομένου που αποθηκεύεται στις αποθήκες, ενώ η καθολική μορφή του MPEG-7 επιτρέπει στα μοντέλα να ενσωματωθούν ανεξάρτητα μέσα σε διάφορες cross-platform web εφαρμογές ιστορικού ή αρχαιολογικού περιεχομένου. Για παράδειγμα, θεωρείστε ένα κομμάτι κεραμικού αγγείου ιστορικής αξίας. Το ίδιο μοντέλο του κεραμικού τμήματος του αγγείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές 3D αναπαράστασης μνημείων ή κτιρίων της ίδιας εποχής, σε μία web εφαρμογή ενός εικονικού οδηγού κάποιου μουσείου ή ακόμη και σε μία online 3D εγκυκλοπαίδεια με ιστορικές πληροφορίες του αγγείου αυτού (προέλευση, χρήση κ.ά.). Όλες αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν την σημασιολογική περιγραφή MPEG-7 του κεραμικού κομματιού παγκοσμίως χωρίς κανένα πρόσθετο κόστος μετατροπής του αντικειμένου σε άλλες μορφές απεικόνισης.

Επιπλέον, η βιομηχανία μηχανικής χρησιμοποιεί μεγάλα 3D μοντέλα προκειμένου να εκπροσωπήσει το σχεδιασμό των νέων συσκευών, οχημάτων και άλλων δομών κινητήρων, ακόμη και επιδείξεις αρχιτεκτονικών κτιρίων και τοπίων. Οι μηχανικοί συνήθως χρησιμοποιούν CAD μοντέλα που ενδέχεται να είναι πολύ μεγάλα σε μέγεθος και να αποθηκεύονται σε ιδιόκτητες μορφές [9]. Κατά παρόμοιο τρόπο, η βιομηχανία παραγωγής με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Design - CAM) χρησιμοποιεί το πρότυπο ISO 10303 για τη μηχανική κατασκευή με βοήθεια υπολογιστή σε διάφορους τομείς που κυμαίνονται από το εσωτερικό σχεδιασμό χώρων μέχρι τους κινητήρες οχημάτων. Επομένως, θα πρέπει να βρεθούν τρόποι που θα παρέχουν πρόσθετες λειτουργίες και σημασιολογικές περιγραφές για τον εμπλουτισμό 3D μοντέλων για την αναζήτηση και ανάκτηση περιεχομένου βάσει των ομοιοτήτων του από διάφορες βιομηχανικές βάσεις δεδομένων σε μία καθολική μορφή. Προκειμένου να υπάρχει πρόσβαση και ανάκτηση των δεδομένων με μια αποτελεσματική μορφή χωρίς την απώλεια λεπτομέρειας, απαιτείται η χρήση ενιαίας μορφής δεδομένων καθώς και οι περιγραφικές πληροφορίες. Οι MPEG-7 περιγραφές μπορούν να λύσουν τα ζητήματα διαλειτουργικότητας, παρέχοντας μια ενιαία μορφή περιγραφής ανεξάρτητα από το περιεχόμενο 3D, όπως στην περίπτωση των μορφότυπων του σχεδιασμού με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή (CAD) και της παραγωγής με τη βοήθεια υπολογιστή (CAM). Ως



αποτέλεσμα, τα CAD ή CAM μοντέλα μπορούν να ανταλλάσσονται και να επαναχρησιμοποιούνται αδιάλειπτα σε διάφορους τομείς και εφαρμογές, κυρίως στο διαδίκτυο, και να αποθηκεύονται σε μία καθολική μορφή MPEG-7 περιγραφής σε μεγάλες αποθήκες της μηχανικής βιομηχανίας και της βιομηχανίας κατασκευών.

3.2. Λειτουργικότητα Τεχνολογίας Γραφικών X3D

X3D σημαίνει "eXtensible 3D" και είναι ένα ανοιχτό πρότυπο για την παροχή 3D περιεχομένου μέσω του διαδικτύου, όπως αναπτύχθηκε από το Web3D Consortium, το οποίο σχεδιάστηκε για να αντικαταστήσει και να επεκτείνει το υπάρχον πρότυπο VRML97 [24]. Πρόθεσή του είναι να προσφέρει μια νέα προδιαγραφή μορφής αρχείων που συνδυάζει όλες τις απαραίτητες απαιτήσεις που χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική εμφάνιση διαδραστικών 3D κόσμων στο διαδίκτυο. Το X3D υποστηρίζει την XML κωδικοποίηση, παρέχοντας έτσι απρόσκοπτη ενοποίηση με τις web services αρχιτεκτονικές και τα κατανομημένα δίκτυα, διευκολύνοντας τις διασυννοριακές 3D εφαρμογές, που κυμαίνονται από την κινητή τηλεφωνία μέχρι τους υπερυπολογιστές. Αυτό το ανοιχτό πρότυπο προσφέρει μεγαλύτερη υποστηρίζοντας 2D και 3D γραφικά, τη δημιουργία και την εφαρμογή αντικειμένων που ορίζονται από το χρήστη, τη κίνηση (animation) και τη προσομοίωση φυσικής, μέσω ενός μηχανισμού εκτέλεσης βασισμένο σε 3D πυρήνα. Δεδομένου ότι X3D θεωρείται απόγονος του VRML, έχει υιοθετηθεί ομαλά από τον κλάδο των υπηρεσιών Ιστού ως το κατάλληλο πλαίσιο για την ανάπτυξη 3D κόσμων φιλικών προς το διαδίκτυο και τη δημιουργία ευέλικτων εφαρμογών απεικόνισης γραφικών [25][16][27].

Ως πρότυπο, το X3D καθορίζει σύνολα επεκτάσεων και δυνατοτήτων για διάφορες εφαρμογές, γνωστά ως **profiles**, αυξάνοντας τη λειτουργικότητα και την ευελιξία σε προσαρμοσμένα περιβάλλοντα ενώ παράλληλα ενισχύει τη διαδραστικότητα του χρήστη. Σε μια προσπάθεια διαπλατορμικής στήριξης και ενοποίησης με το πολυμεσικό πρότυπο MPEG-4, το Web3D Consortium δημιούργησε το MPEG-4 Interactive profile που έχει σχεδιαστεί ειδικά για να διευκολύνει τις ανάγκες διαφανούς μετάδοσης μέσω δικτύου, PDA και κινητά τηλέφωνα, ενώ παράλληλα επιτρέποντας την αλληλεπίδραση των χρηστών και τη πλοήγηση των κινούμενων αντικειμένων μέσω διαφορετικών δικτύων καθώς και τη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών αυτών.

Οι X3D σκηνές σκοπεύουν στο να παρέχουν με ακρίβεια τις γεωμετρικές και περιβαλλοντικές πτυχές που σχετίζονται με τα επιμέρους αντικείμενα που περιέχονται μέσα στη σκηνή σε συνδυασμό με πρόσθετες πληροφορίες της ίδιας της σκηνής. Αντίθετα, η σημασιολογική πληροφορία που σχετίζεται με τα αντικείμενα που περιέχονται μέσα στη σκηνή δεν είναι τυποποιημένη, καθώς τα



στοιχεία σημασιολογίας μπορούν να ποικίλουν ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιούνται.

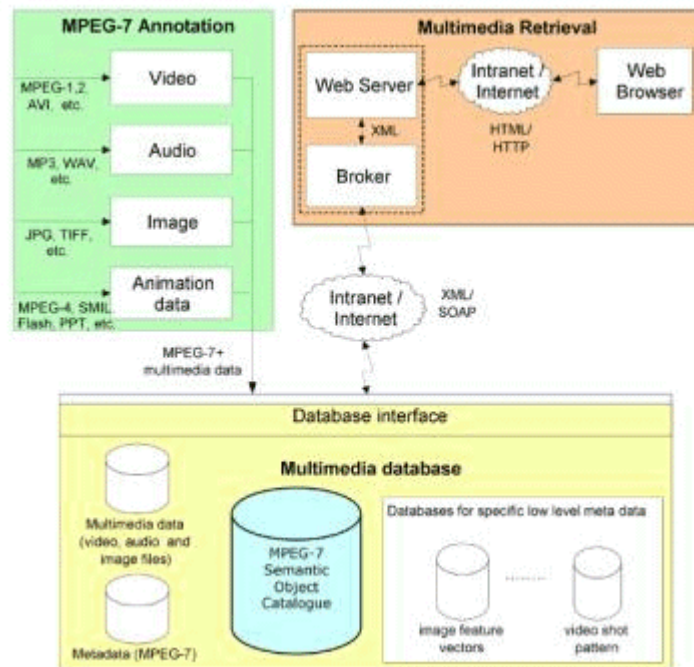
3.3. Λειτουργικότητα Προτύπου MPEG-7

Η Moving Pictures Expert Group (MPEG) [28] έχει ορίσει ένα σύνολο προτύπων για την κωδικοποίηση και την περιγραφή των πολυμεσικών δεδομένων. Τα περισσότερο εφαρμόσιμα πρότυπα σε σχέση με το 3D πολυμεσικό περιεχόμενο είναι τα MPEG-4 [11] και MPEG-7 [12]. Το MPEG-4 καθορίζει αρχεία πολυμέσων μέσω μιας σειράς από μεθόδους που προσδιορίζουν την συμπίεση ψηφιακών δεδομένων ήχου και εικόνας (AV) ως πολυμεσικά αντικείμενα, συγκεκριμένα Audio and Visual Objects (AVO's), επιτρέποντας τη μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων στο διαδίκτυο (streaming media), και την ικανότητα του χρήστη να αλληλεπιδρά με την παραγόμενη οπτικοακουστική σκηνή. Το MPEG-4 είναι χτισμένο σε επιμέρους τμήματα που επιτρέπουν στους προγραμματιστές να αποφασίσουν για το πώς να τις εφαρμόσουν. Τα τμήματα είναι γνωστά ως "profiles", καθένα από τα οποία επιτρέπει να καθοριστούν πρόσθετα χαρακτηριστικά και δυνατότητες ανάλογα με την εφαρμογή. Ως εκ τούτου, το MPEG-4 επεκτείνει τα πρότυπα VRML/X3D, παρέχοντας προστιθέμενη υποστήριξη για 3D rendering και την αλληλεπίδραση του χρήστη μέσω διαδικτύου. Πρόσφατα, έχουν γίνει προσθήκες στο MPEG-4 πρότυπο με τη μορφή της XMT-A, μια XML βασισμένη μορφή που περιέχει μικρότερες ομάδες X3D XML κόμβων, αλλά εξακολουθεί να μην επιτρέπει την ανεξάρτητη περιγραφή του περιεχομένου.

Το MPEG-4 περιέχει profiles για την εφαρμογή επιπλέον χαρακτηριστικών στο περιεχόμενο X3D αλλά δεν παρέχει υψηλού επιπέδου σημασιολογικές δυνατότητες περιγραφής όπως το πρότυπο MPEG-7. Το MPEG-7 είναι ένα πρότυπο **περιγραφής πολυμεσικού περιεχομένου** (που ορίζεται επίσης ως ISO/IEC 15938) το οποίο έχει ως στόχο να παρέχει πρόσθετη λειτουργικότητα στα προηγούμενα πρότυπα MPEG με την περιγραφή του περιεχομένου των αρχείων πολυμέσων μέσω μιας ενοποιημένης μορφής [12]. Κύριος στόχος του είναι να καταστεί δυνατή η περιγραφή του οπτικοακουστικού περιεχομένου, όπως είναι οι ακίνητες και κινούμενες εικόνες, ο ήχος, η φωνή, τα γραφικά και τα 3D μοντέλα, σε συνδυασμό με σημασιολογικές πληροφορίες σχετικά με το συνδυασμό των στοιχείων αυτών σε πολυμεσικά περιβάλλοντα. Ως εκ τούτου, δεν ασχολείται με ζητήματα όπως τη κωδικοποίηση του περιεχομένου, όπως το MPEG-4, αλλά επικεντρώνεται στην σημασιολογική περιγραφή των συναφών μέσων, επιτρέποντας γρήγορη και αποτελεσματική αναζήτηση και ανάκτηση του υλικού που αιτούνται οι χρήστες. Δεν παρέχει κάποια τυποποίηση για την εξαγωγή των οπτικοακουστικών χαρακτηριστικών ούτε περιορίζει τις μηχανές αναζήτησης ή τις εφαρμογές που κάνουν χρήση MPEG-7 περιγραφών. Συνεπώς, το MPEG-7 είναι ανεξάρτητο των άλλων προτύπων MPEG, διαχωρίζοντας την περιγραφή από το ίδιο το περιεχόμενο που εκπροσωπεί. Το MPEG-7 παρέχει σαφώς καθορισμένα εργαλεία περιγραφής και μηχανισμούς για τη περιγραφή



των δεδομένων σε υψηλού επιπέδου σημασιολογικές πληροφορίες και οντολογίες [29][30][31][32]. Η σημασιολογική πληροφορία μπορεί στη συνέχεια να αποθηκεύεται χωριστά από τα δεδομένα δημιουργώντας επαναχρησιμοποιήσιμους πόρους, ενισχύοντας τα προσαρμοσμένα ερωτήματα αναζήτησης και ευρετηρίασης του συναφούς περιεχομένου μέσω της περιγραφής του περιεχομένου χωρίς να επεξεργάζονται ή να τροποποιούνται τα πραγματικά αρχεία των οντοτήτων. Έτσι, το MPEG-7 είναι ένα κύριο υποψήφιο πρότυπο για τη σημασιολογική περιγραφή 3D αντικειμένων μέσα σε μία σκηνή, όπως περιγράφεται από το MPEG-4 Interactive Profile για το X3D [11] [24].



Σχήμα 2 Σύνθεση διαδικτυακής πλατφόρμας ανάκτησης πληροφορίας μέσω MPEG-7



4

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ

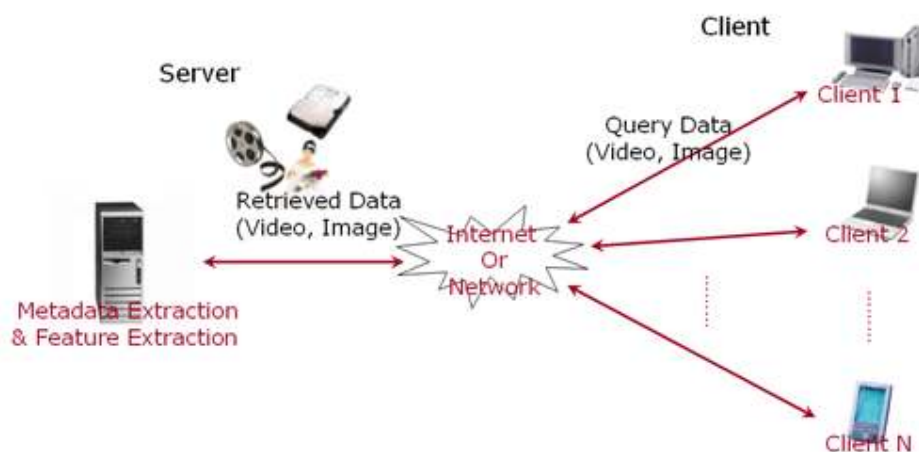
4.1. Περιγραφή αρχείων τύπου X3D μέσω MPEG-7

Το πρότυπο MPEG-7, το οποίο αποκαλείται επίσημα ως Multimedia Content Description Interface, καθορίζει ένα σύνολο από εργαλεία τα οποία περιγράφουν σύνθετες και προσαρμοσμένες δομές metadata, μέσω μίας XML-κωδικοποιημένης γλώσσας περιγραφικών ορισμών (**Description Definition Language - DDL**). Επιπλέον, το DDL επιτρέπει να γίνουν τροποποιήσεις και επεκτάσεις σε συγκεκριμένα Description Schemes, παρέχοντας έτσι επεκτασιμότητα στο πρότυπο. Προκειμένου να δημιουργηθεί μία έγκυρη MPEG-7 περιγραφή θα πρέπει να συμμορφώνεται πλήρως με τους περιορισμούς που επιβάλλονται από το **DDL Schema**. Το πρότυπο προβλέπει επίσης ένα σύνολο από **Descriptors** (D), προκειμένου να καθορίσει τη σύνταξη και τη σημασιολογία των εμπλεκόμενων οντοτήτων, καθώς και μια σειρά από **Description Schemes** (DS). Τα Description Schemes προσδιορίζουν τη διάρθρωση και την αντίστοιχη σημασιολογία των συσχετίσεων μεταξύ των οντοτήτων αυτών, συμπεριλαμβανομένων των μεταδεδομένων (**metadata**) σχετικά με τα σημασιολογικά στοιχεία (σχήματα, χρώματα, αντικείμενα, κίνηση), στοιχεία καταχώρισης καταλόγου (κανόνες πνευματικής ιδιοκτησίας, πρόσβαση των χρηστών και γονική πρόσβαση, τον τίτλο, την ημερομηνία, κλπ) καθώς και άλλα δομικά στοιχεία (τεχνικές στατιστικές). Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για να ομαδοποιήσουν διάφορους Descriptors και Description Schemes.

Τα MPEG-7 Description Schemes κατηγοριοποιούνται ως Visual Description Schemes (VDS), Audio Description Schemes (ADS), και Multimedia Description Schemes (MDS). Τα τελευταία αναφέρονται σε συγκεκριμένες MPEG-7 δομές metadata οι οποίες χρησιμοποιούνται για την



περιγραφή και τον σχολιασμό πολυμεσικών δεδομένων, διευκολύνοντας την αναζήτηση, ευρετηρίαση και το φιλτράρισμα των ειδικών χαρακτηριστικών του πολυμεσικού περιεχομένου.

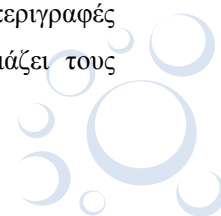


Σχήμα 3 Διαδικτυακό σύστημα αναζήτησης και ανάκτησης πολυμεσικής πληροφορίας με τη χρήση του προτύπου MPEG-7

4.1.1. MPEG-7 και περιεχόμενο 3D

Η πιο πρόσφατη τάση στα 3D πολυμέσα στοχεύει στην αντιπροσώπευση όλου των τύπων 3D περιεχομένων σε αναπαραστάσεις XML, ανεξάρτητα από την καταγωγή και την πολυπλοκότητά του, λόγω του γεγονότος ότι οι XML-βασισμένες αναπαραστάσεις παρέχουν ευελιξία και μπορούν να μεταδοθούν αποτελεσματικά σε cross-platform εφαρμογές στο διαδίκτυο. Μια σχετική προσπάθεια έχει πραγματοποιηθεί μέσω του Collada, το οποίο καθορίζει ένα σχήμα βάσης δεδομένων XML που επιτρέπει την ψηφιακή ανταλλαγή των ουσιαστών στοιχείων μεταξύ 3D εφαρμογών χωρίς την απώλεια πληροφορίας, επιτρέποντας έτσι στους δημιουργούς να συνδυάζουν 3D πολυμεσικό περιεχόμενο από οποιοδήποτε πακέτο συγγραφής μέσα σε ενοποιημένες οντότητες δεδομένων [33]. Με παρόμοιο τρόπο, το πρότυπο X3D παρέχει ένα XML-βασισμένο σχήμα κωδικοποίησης, προσφέροντας μία ελαφρύτερη αναπαράσταση του 3D περιεχομένου, ενισχύοντας έτσι τη χρήση του σε διαδικτυακές εφαρμογές, με τη βελτιστοποιημένη μεταφορά δεδομένων XML. Την ίδια στιγμή, καθώς το X3D αντιπροσωπεύει τα γραφικά σε μια αφηρημένη μορφή, μπορεί να απεικονιστεί γραφικά οπουδήποτε εφόσον υποστηρίζεται από το τοπικό λειτουργικό σύστημα και το υλικό του τοπικού υπολογιστή.

Το MPEG-7 ορίζει διάφορους descriptors για να διευκολυνθεί η περιγραφή των 3D οντοτήτων που συμμετέχουν όπως είναι η γεωμετρία, οι υφές, το animation και τα metadata του περιεχομένου. Ωστόσο, η πλειονότητα των 3D descriptors επικεντρώνεται στη γενική αντιπροσώπευση των 3D αντικειμένων και δεν έχει τη δυνατότητα να παρέχει βελτιστοποιημένες σημασιολογικές περιγραφές βασισμένες σε XML κωδικοποιημένα 3D αντικείμενα. Αυτή η Υποεπινότητα παρουσιάζει τους



διαθέσιμους descriptors για την παραγωγή περιγραφών 3D περιεχομένου, σύμφωνα με το MPEG-7 πρότυπο. Η Υποενότητα 4.1.2 παρουσιάζει τους MPEG-7 descriptors που ισχύουν για τη σημασιολογική περιγραφή X3D σκηνών και η Ενότητα 4.2 προσδιορίζει τις απαραίτητες επεκτάσεις για το τρέχον MPEG-7 Schema ώστε να παρέχει μια αποτελεσματική περιγραφή του περιεχομένου των X3D σκηνών.

Περιγραφείς Γεωμετριών

Το MPEG-7 Part 3, Visual, ορίζει δύο descriptors σχημάτων για 3D αντικείμενα: τον *Shape3D Spectrum* Descriptor και τον *MultipleView* Descriptor Container. Το Shape3D descriptor παρέχει ένα εγγενή χαρακτηρισμό σχημάτων των 3D mesh μοντέλων [34]. Ο συνδυασμός των *contour-based* και *region-based shape* 2D Descriptors μαζί με το *MultipleView* Descriptor Container διευκολύνουν στη παροχή των 3D ιδιοτήτων ενός αντικειμένου. Η αναπαράσταση ενός αντικειμένου με το *MultipleView* είναι βολική όταν το 3D mesh μοντέλο του αντικειμένου δεν είναι γνωστό ή όταν απαιτείται η υποστήριξη ερωτημάτων μέσω 2D απεικονίσεων του αντικειμένου [34].

Περιγραφείς Κίνησης

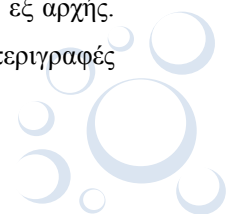
Το MPEG-7 Part 3, Visual, ορίζει τρεις περιγραφές για την περιγραφή ιδιοτήτων κίνησης 3D αντικειμένων. Η *Camera Motion* descriptor καθορίζει βασικές λειτουργίες για την κάμερα, όπως το panning και tilting [34]. Το *Motion Trajectory* descriptor καθορίζει την τροχιά κίνησης ενός κινούμενου αντικειμένου, με τον προσδιορισμό των διαδοχικών τιμών κίνησης ενός key point (pixel) του κινούμενου αντικειμένου ή περιοχής [34]. Τέλος, το *Motion Activity* descriptor αιχμαλωτίζει την προοπτική της κίνησης ενός αντικειμένου από τη σκοπιά του θεατή στο πλαίσιο μιας αλληλουχίας [34].

Περιγραφείς Υφών

Για την περιγραφή υφών, το MPEG-7 Part 3, Visual, προβλέπει τρεις περιγραφείς υφών: το *TextureBrowsing* Descriptor για περιηγητικούς σκοπούς [34], το *HomogenousTexture* Descriptor και *EdgeHistogram* Descriptor για τη σύγκριση ομοιοτήτων και για σκοπούς ανάκτησης, χρησιμοποιώντας την υφή μίας ακίνητης ή κινούμενης εικονικής περιοχής.

4.1.2.MPEG-7 και περιεχόμενο X3D

Σε αντίθεση με άλλες μορφές 3D πολυμέσων, η X3D XML-βασισμένη μορφή κωδικοποίησης αντιπροσωπεύει τα 3D περιβάλλοντα με έναν αφηρημένο ορισμό. Ως εκ τούτου, η σκηνή έχει ήδη αναλυθεί σε απλές δομές που παρέχουν μία πλήρως συμπληρωμένη αναπαράσταση XML εξ αρχής. Ως αποτέλεσμα, πολλές βασικές MPEG-7 περιγραφές που παρέχουν σύνθετες και γενικές περιγραφές



θεωρούνται ανεπαρκείς για να περιγράψουν τις ελαφριές και δυναμικές αναπαραστάσεις του περιεχομένου των X3D κόσμων, ιδίως όταν η περισσότερη σημασιολογική πληροφορία μπορεί να αντληθεί άμεσα από το ίδιο το έγγραφο X3D.

Περιγραφή Γεωμετριών

Η X3D XML μορφή καθορίζει μια απλουστευμένη δομή για τον ορισμό των κόμβων γεωμετρίας ορίζοντας τα πρωτόγονα στοιχεία (Box, Cone, Σφαίρα, κλπ) που κατασκευάζουν τα πιο περίπλοκα αντικείμενα. Ως εκ τούτου, πληροφορίες περιγραφής σχετικά με γεωμετρικές μορφές μπορούν να εξαχθούν απευθείας από την αναπαράσταση του XML, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη και την προσπάθεια χαρακτηρισμού των αντικειμένων μέσω των meshes και του φάσματός του ή της εξαγωγής πολλαπλών 2D όψεων από το απλοποιημένο σχήμα. Κατά συνέπεια, το Shape3D Spectrum descriptor μπορεί να είναι χρήσιμο για την ευρετηρίαση και την ανάκτηση των στοιχειωδών 3D σχημάτων με ήδη γνωστές αναπαραστάσεις τύπου mesh [35] όπως είναι οι κόμβοι X3D IndexedFaceSet ή IndexedLineSet, αλλά μειονεκτούν σημαντικά στην παροχή σημασιολογικών περιγραφών των X3D πρωτόγονων γεωμετριών, ιδίως όσον αφορά θέματα επιδόσεων και υπολογιστικής ισχύος [4].

Οι πρωτόγονες X3D γεωμετρικές (primitives) εκπροσωπούνται και καθορίζονται ανάλογα με το σχήμα τους και τις ογκομετρικές ιδιότητές τους. Για να εξαχθεί μια πλήρης και τεκμηριωμένη σημασιολογική περιγραφή σχετικά με την παροχή και κατανομή των προδιαγραφών ενός αντικειμένου X3D, είναι υποχρεωτικό να προβλεφθεί το είδος των πρωτόγονων γεωμετριών που συνθέτουν το στοιχειώδες αντικείμενο μαζί με τις ογκομετρικές ιδιότητές του, όπως τη θέση του και το κατά προσέγγιση μέγεθός του μέσα στη σκηνή. Οι γεωμετρικές περιγραφές για τα πρωτόγονα σχήματα των X3D σκηνών μπορούν να καθοριστούν με την εισαγωγή δύο (2) νέων επεκτάσεων, το BoundingBox3D και το Geometry3D, όπως ορίζονται στη συνέχεια.

Περιγραφή διαδράσεων και κίνησης

Στις X3D σκηνές, τα συνεχή animations των αντικείμενων προσδιορίζονται μέσα από ένα συνδυασμό *Timers* και *Interpolators*. Οι *Timers* καθορίζουν τις τιμές διακριτού χρόνου και το μεσοδιάστημα μεταξύ των χρόνων αυτών που κατηγοριοποιούν την κίνηση σύμφωνα με την πάροδο του χρόνου. Οι *Interpolators* εφαρμόζουν τις τιμές μετατόπισης του αντικειμένου, σύμφωνα με τις διακριτές τιμές που αντιστοιχούν *Timers* τους. Ως εκ τούτου, το *MotionTrajectory* Descriptor του MPEG-7 Visual θεωρείται λειτουργικό για να περιγράψει τις *Interpolator* τιμές από το X3D, παρέχοντας τις *Keypoint* τιμές της κίνησης του μοντέλου μέσα στη σκηνή. Η γνώση σχετικά με την τροχιά κίνησης ενός αντικειμένου βοηθά στον καθορισμό του απαιτούμενου χώρου και της διαδρομής στην οποία κινούνται τα αντικείμενα, παρέχοντας προσαρμοσμένους περιορισμούς στην



ανάκτηση του περιεχομένου, περιορίζοντας για παράδειγμα τις αναζητήσεις περιεχομένου μεγάλων χωρικά αντικειμένων με μεγάλη τροχιά κίνησης για σχετικά μικρότερες σκηνές.

Στα 3D περιβάλλοντα, τα διαδραστικά 3D αντικείμενα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο τύπους. Ο πρώτος τύπος αντιστοιχεί σε αντικείμενα που απαιτούν μια εσωτερική διεργασία να τροποποιήσει τις αντίστοιχες ιδιότητές τους για να δημιουργήσουν animation. Στην περίπτωση αυτή, οι αλληλεπιδράσεις αντιμετωπίζονται από εξωτερικά ερεθίσματα, συνήθως από τον τελικό χρήστη, αλλά το αντικείμενο θεωρείται στατικό με την αρχική σκηνή. Ο δεύτερος τύπος αντιστοιχεί σε αντικείμενα που περιέχουν εγγενώς στοιχεία αλληλεπίδρασης, τα οποία είναι χειριζόμενα και πάλι από τη διεργασία αλληλεπίδρασης. Σε αυτή την περίπτωση τα αντικείμενα θεωρούνται δυναμικά για το περιβάλλον. In the case of X3D, processes that control interactions are usually Script nodes. Στην περίπτωση των X3D, οι διεργασίες εκείνες που ελέγχουν τις διαδράσεις είναι συνήθως Script κόμβοι.

Η διαδραστικότητα του χρήστη και οι διεργασίες ελέγχου θεωρούνται ζωτικά στοιχεία για την σημασιολογική περιγραφή μιας σκηνής X3D. Οι τρέχουσες MPEG-7 περιγραφές κίνησης αδυνατούν να παρέχουν ακριβείς περιγραφές για τις συνδέσεις των διαδράσεων των κόμβων (ROUTE) ή περιγραφές σχετικά με το γεγονός που ενεργοποιεί κάποιο animation. Ως αποτέλεσμα, προτείνεται μία πρόσθετη επέκταση στο MPEG-7 Schema για την υλοποίηση περιγραφών αλληλεπίδρασης, το *Interactivity3D Descriptor* (το οποίο αναλύεται στη συνέχεια), για να εκφράσει τις περιγραφές διαδραστικότητας των X3D κόμβων και τις αντίστοιχες πηγές ενεργοποίησής τους.

Περιγραφή Υφών

Οι τρέχουσες MPEG-7 visual descriptors υφών (όπως προαναφέρθηκαν) διευκολύνουν την περιήγηση και την ανάκτηση βάσει ομοιοτήτων χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά των υφών από βάσεις δεδομένων εικόνας και βίντεο. Ως εκ τούτου, η εφαρμογή τους στην περιγραφή X3D σκηνών θεωρείται δυσλειτουργική. Ωστόσο, οι X3D υφές ορίζονται αντίστοιχα σε μια σκηνή από το όνομα του αρχείου τους. Συνεπώς, κάθε σύνολο των διαθέσιμων υφών κάθε αντικειμένου της σκηνής μπορεί να οριστεί σε μία MPEG-7 περιγραφή ως μία συλλογή από *MultimediaType* περιεχόμενα χρησιμοποιώντας *MediaLocator* elements.

Πρόσθετα Metadata elements

Οι X3D XML κωδικοποιημένες σκηνές παρέχουν metadata πληροφορίες σχετικά με την αντιμετώπιση συγκεκριμένων ιδιοτήτων της σκηνής. Κάθε σκηνή συνοδεύεται από ένα συγκεκριμένο profile που παρέχει πρόσθετη λειτουργικότητα, ανάλογα με τον τύπο profile που ορίζεται. Όταν περιγράφεται το X3D περιεχόμενο είναι επιτακτική ανάγκη να περιλαμβάνεται ο τύπος profile για να ανακτώνται πληροφορίες σχετικά με τυχόν πρόσθετες απαιτήσεις σχετικά με τις δομές των ένθετων



μοντέλων και τις διεργασίες επεξεργασίας, καθώς διάφοροι τοπικοί renderers ενδέχεται να έχουν ασυμβατότητες με ορισμένα profile. Την ίδια στιγμή, οι X3D κόμβοι Script περιέχουν scripting λειτουργίες που ελέγχουν τις αλληλεπιδράσεις των αντικειμένων και την κίνησή τους (animation). Τα scripts αυτά μπορούν να περιληφθούν στο εσωτερικό του κόμβου X3D Script ή να περιλαμβάνονται μέσω εξωτερικής αναφοράς σε Java ή Jscript κλάσεις. Συνεπώς, θεωρείται χρήσιμο να περιλαμβάνονται metadata πληροφορίες που περιγράφουν τους scripting πόρους που απαιτούνται για την παροχή διάδρασης σε 3D αντικείμενα που περιέχονται μέσα σε X3D σκηνές

Επομένως, εφόσον δεν υπάρχουν τέτοιου είδους MPEG-7 περιγραφές, απαιτείται η πρόσθετη επέκταση του *DescriptionMetadata* [36] τύπου περιγραφής ώστε να περιλαμβάνει αποτελεσματικά τα X3D profile και scripting metadata μέσα στο MPEG-7 *DescriptionMetadataType*, ενσωματώνοντας τις *Profile3DType* και *Script3DType* περιγραφές (οι οποίες αναλύονται παρακάτω).

Ο ακόλουθος πίνακας παρέχει μια συνοπτική περιγραφή χρήσης των επεκτάσεων MPEG-7 που δημιουργήθηκαν για την αποτελεσματική περιγραφή X3D σκηνών, όπως έχουν προταθεί σε αυτή την εργασία.

	Όνομασία	Χρήση
MPEG-7 Part 3 - Visual	BoundingBox3D	Καθορίζει τη θέση και το μέγεθος ενός σύνθετου 3D αντικειμένου μέσα σε μια σκηνή, με την παροχή των ογκομετρικών συντεταγμένων της ομάδας των κόμβων σχημάτων (Shape nodes) που συνθέτουν το σύνθετο μοντέλο.
	Geometry3D	Περιγράφει τους τύπους και τα χαρακτηριστικά καμπυλότητας των πρωτόγονων ή σύνθετων γεωμετριών που περιέχονται σε μία X3D σκηνή.
	Metadata3D	Καθορίζει την οποιαδήποτε πρόσθετη πληροφορία metadata που εμπεριέχεται σε ένα κόμβο X3D (όπως MatadataFloat, MetadataInteger, MetadataSet).
	Interactivity3D	Περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρά ένα X3D αντικείμενο με άλλα αντικείμενα της σκηνής ή με τον τελικό χρήστη, εξάγοντας πληροφορίες από τα αντίστοιχα X3D ROUTE elements.
MPEG-7 Part 5 - MDS	Profile3D	Περιγράφει το X3D profile που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο αρχείο προκειμένου να εξάγει όλες τις πρόσθετες λειτουργίες που παρέχονται και να καθορίσει τις απαιτήσεις rendering και browser.
	Script3D	Εάν το αρχείο X3D που περιγράφεται περιέχει scripting κόμβους έλεγχου αλληλεπιδράσεων και animation, τότε αυτός ο τύπος δεδομένων προσδιορίζει τη τοποθεσία που βρίσκεται το Script (στο εσωτερικό του αρχείου X3D ή σε

		ανεξάρτητη εξωτερική τοποθεσία) και τη scripting γλώσσα που χρησιμοποιείται, προκειμένου να καθορίσει όλες τις αναγκαίες απαιτήσεις απόδοσης και ελέγχου.
--	--	---

Πίνακας 1 Σύντομη περιγραφή χρήσης των προτεινόμενων επεκτάσεων του MPEG-7

4.2. Ανάλυση Επέκτασης Προτύπου MPEG-7²

Η έρευνα αυτή προτείνει ένα σύνολο επεκτάσεων (extensions) με βάση τη τρέχουσα μορφή του προτύπου MPEG-7, σε μια προσπάθεια να περιγραφούν αποτελεσματικά σκηνές τύπου X3D. Η υποενότητα 4.2.1 περιλαμβάνει τα schema extensions για τα προτεινόμενα descriptors τα οποία κατατάσσονται στο MPEG-7 Part-3: Visual. Η υποενότητα 4.2.2 περιλαμβάνει πρόσθετα schema extensions και modifications τα οποία ορίζονται στο MPEG-7 Part-5: Multimedia Description Schemes (MDS).

4.2.1. MPEG-7 Part 3 – Visual

Το MPEG-7 Part 3 – Visual διευκρινίζει τα απαραίτητα εργαλεία για την περιγραφή του οπτικού περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένων αντικειμένων όπως εικόνες, βίντεο και 3D μοντέλα. Τα εργαλεία αυτά ορίζονται από τη DDL σύνταξή τους και τις δυαδικές αναπαραστάσεις (binary representations) καθώς και τη σημασιολογία που τα συνδέει με τα συντακτικά αυτά στοιχεία. Επιτρέπουν την περιγραφή των χαρακτηριστικών οπτικού υλικού, όπως είναι το χρώμα, η υφή, το σχήμα και η κίνηση, καθώς και τον εντοπισμό των αντικειμένων που περιγράφονται σε μία ακολουθία εικόνας ή βίντεο [34]. Η μελέτη αυτή έχει ακολουθήσει την ίδια σύνταξη με το πρότυπο ISO/IEC 15938 για τον ορισμό των προτεινόμενων επεκτάσεων οπτικής πληροφορίας (visual extensions) για τη περιγραφή τύπων X3D, με εξαίρεση την δυαδική αναπαράσταση, σύμφωνα με το πρότυπο. Οι ακόλουθες ενότητες ορίζουν τα MPEG-7 visual descriptor extensions. Κάθε ενότητα παρουσιάζει τον ορισμό των επεκτάσεων του Descriptor Schema και τη σημασιολογική περιγραφή των συντακτικών στοιχείων, καθώς επίσης και τη συσχέτιση των ορισμών αυτών με το πρότυπο X3D. Τέλος, για λόγους αποσαφήνισης των ορισμών, παρέχονται επίσης και ενημερωτικά παραδείγματα με κάθε ορισμό.

² Προκειμένου να καθοριστεί η πλέον αποτελεσματική περιγραφή των προτεινόμενων MPEG-7 επεκτάσεων, το τμήμα ανάλυσης υιοθετεί την επίσημη μορφή εκπροσώπησης των ορισμών σύμφωνα με τα πρότυπα ISO.



BoundingBox3D descriptor

Το *BoundingBox3D* descriptor εισάγεται ως επέκταση στα MPEG-7 visual descriptors προκειμένου να υποστηρίξει τα ογκομετρικά όρια (volumetric boundaries) των 3D κόμβων παιδιών των σχημάτων που εμπεριέχονται σε ένα κόμβο X3D Bounding Box, παρέχοντας τις συντεταγμένες μεγέθους και θέσης που εξάγονται από τον σχετικό κόμβο X3D. Όπως ορίζεται στο πρότυπο X3D, ένας κόμβος τύπου X3D *BoundingBox* χρησιμοποιείται από κόμβους ομαδοποίησης (grouping nodes) οι οποίοι περικλείουν πολλά γεωμετρικά σχήματα μαζί για να παρέχουν τις απαραίτητες εκείνες πληροφορίες στον X3D browser για το μέγεθος της αντίστοιχης ομάδας γεωμετριών (κατά προσέγγιση), επιτρέποντας έτσι βελτιστοποιημένη απόδοση. Το Bounding Box Descriptor είχε χρησιμοποιηθεί αρχικά στην Πρόταση για τη νέα MPEG-7 Description Definition Language Grammar το 1999 ως παράδειγμα περιγραφής παραμετροποιημένων 2D και 3D αντικειμένων. Παρόλα αυτά δεν εφαρμόστηκε ποτέ στο επίσημο πρότυπο MPEG-7. Παράλληλα, η προτεινόμενη επέκταση *BoundingBox3DType* επικεντρώνεται αποκλειστικά στην περιγραφή ογκομετρικών χαρακτηριστικών 3D αντικειμένων.

Η ογκομετρική διαδικασία μοντελοποίησης αποτελείται από στοιχεία όγκου (Voxels), αντιπροσωπεύοντας μία αξία σε ένα κανονικό πλέγμα (regular grid) στον τρισδιάστατο χώρο. Ως εκ τούτου, η ογκομετρική μοντελοποίηση 3D μοντέλων δεν πάσχει από το «τέντωμα» των πολυγώνων (polygon stretching) όταν δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα πολυγώνων σε μια περιφέρεια για να επιτευχθεί ο σχηματισμός. Μια νέα τοπολογία δημιουργείται στην ομάδα μόλις σχηματιστούν τα επιμέρους μοντέλα και προστεθούν οι επιμέρους λεπτομέρειες. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση του X3D Bounding Box που περιβάλλει τα σχήματα που εσωκλείονται είναι απαραίτητη ώστε να παρέχει την απαραίτητη εκείνη γνώση για την εκτιμώμενη τρισδιάστατη θέση και το μέγεθος ενός μοντέλου της σκηνής, πριν από τη συγκέντρωση τυχόν πρόσθετων πληροφοριών σχετικά με το ίδιο το μοντέλο. Με τον τρόπο αυτό, ακόμα και χωρίς τη γνώση των επιμέρους ειδών των μοντέλων που περιέχονται εντός του Bounding Box ή οποιασδήποτε άλλης λεπτομέρειας, η επέκταση MPEG-7 *BoundingBox3D* descriptor παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τη περιγραφή των ιδιοτήτων όγκου για να προ-καθορίζεται το απαραίτητο μέγεθος και η σχετική θέση των αντικειμένων που περιέχει μία X3D σκηνή. Η χρήση των *BoundingBox3D* descriptors επιταχύνει επίσης τη διαδικασία αναζήτησης και ανάκτησης αντικειμένων προκαθορίζοντας μία κατά προσέγγιση εκτίμηση των αναγκών κατανομής των μοντέλων σε γραφικά αποδοσμένες X3D σκηνές.



DDL representation syntax

```

<complexType name="BoundingBox3DType">
  <complexContent>
    <extension base="mpeg7:VisualDType">
      <sequence>
        <element name="BoundingBox3DSize" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
          <complexType>
            <attribute name="BoxWidth" type="float" use="required"/>
            <attribute name="BoxHeight" type="float" use="required"/>
            <attribute name="BoxDepth" type="float" use="required"/>
          </complexType>
        </element>
        <element name="BoundingBox3DCenter" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
          <complexType>
            <attribute name="BoxCenterW" type="float" use="required"/>
            <attribute name="BoxCenterH" type="float" use="required"/>
            <attribute name="BoxCenterD" type="float" use="required"/>
          </complexType>
        </element>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

```

Σχήμα 4 MPEG -7 XSD Extension του BoundingBox3DType

Descriptor components semantics

Όνομα	Ορισμός
BoundingBox3DType	Καθορίζει τις ογκομετρικές συντεταγμένες που λαμβάνει από το X3D BoundingBox element, συνδέοντας ένα set από 3D σχήματα μαζί.
BoundingBox3DSize	Καθορίζει τις συντεταγμένες Πλάτους, Ύψους και Μήκους του BoundingBox. Εάν το X3D grouping node περιέχει ένα BoundingBox, τότε κάθε μία από τις τρεις τιμές που περιέχονται στο bboxSize θα περαστούν αντίστοιχα στα BoxWidth, BoxHeight και BoxDepth attributes. Αν δεν υπάρχουν τιμές, τότε θεωρείται ότι ισχύουν οι default τιμές (-1, -1, -1), όπως ορίζονται στο X3D.
BoundingBox3DCenter	Καθορίζει τις συντεταγμένες Κέντρου του BoundingBox. Εάν το X3D grouping node περιέχει ένα BoundingBox, τότε κάθε μία από τις τρεις τιμές που περιέχονται στο bboxCenter θα περαστούν αντίστοιχα στα BoxCenterW, BoxCenterH και BoxCenterD attributes. Αν δεν υπάρχουν τιμές, τότε θεωρείται ότι ισχύουν οι default τιμές (0, 0, 0), όπως ορίζονται στο X3D.



Descriptor components example

<pre><Group bboxSize='12 4 4' > <Shape> </Shape> </Group></pre>	<pre><Descriptor xsi:type="BoundingBox3DType"> <BoundingBox3DSize BoxWidth="12" BoxHeight="4" BoxDepth="4"/> <BoundingBox3DCenter BoxCenterW="0" BoxCenterH="0" BoxCenterD="0"/> </Descriptor></pre>
--	--

(α)

(β)

Παράδειγμα 1 Μετατροπή BoundindBox3D Description, (a) X3D XML Bounding Box node, (b) Αντίστοιχο MPEG-7 BoundingBox3D Descriptor

Geometry3D descriptor

Το *Geometry3DType* descriptor αντιστοιχεί σε ένα κόμβο γεωμετρίας (geometry node) της X3D XML-κωδικοποιημένης σκηνής. Το πρότυπο X3D χρησιμοποιεί μοντελοποίηση τύπου primitive για τα αντικείμενα που περιέχονται σε μία σκηνή. Το primitives modeling είναι μία διαδικασία που θεωρεί τα πρωτόγονα γεωμετρικά στοιχεία όπως Σφαίρες, Κυλίνδρους, Κώνους ή Κύβους ως βασικά στοιχεία κατασκευής για τα πιο σύνθετα μοντέλα. Με αυτό τον τρόπο, τα σύνθετα αντικείμενα κατασκευάζονται γρήγορα και εύκολα και οι φόρμες των αντικειμένων αυτών είναι μαθηματικώς καθορισμένες και επομένως απόλυτα ακριβείς. Επιπροσθέτως, η γλώσσα ορισμού είναι πολύ απλούστερη, όπως στη περίπτωση του XML. Έτσι, οι κόμβοι γεωμετρίας στις X3D σκηνές περιγράφονται πλήρως από τον τύπο του αντικειμένου τους και το αντίστοιχο όνομα που τους δίνεται. Το *Geometry3D* element ενσωματώνει δύο attributes για να καθορίσει μία X3D γεωμετρία, το *ObjectType* και το *DEF*. Το *ObjectType* περιέχει το τύπο της πρωτόγονης γεωμετρίας (π.χ. Box, Sphere, Cone, Text, IndexedFaceSet) και το *DEF* attribute περιέχει το δοθέν όνομα (DEF/USE). Παρουσιάζονται ακόμα δύο επιλεκτικά attributes στο *Geometry3D* element, τα *convex* και *creaseAngle*, τα οποία χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν αποτελεσματικά σύνθετες X3D σχηματικές αναπαραστάσεις, όπως στην περίπτωση των IndexedFaceSet και Extrusion. Το *convex* attribute παρέχει μία Boolean τιμή για να δείξει αν το σχήμα που περιγράφεται περιέχει convex faces, όπως ορίζεται στην ενότητα του X3D περί βασικών γεωμετρικών πεδίων (common geometry fields). Το *creaseAngle* attribute καθορίζει μία float τιμή καθορίζοντας τη γωνία στην οποία προκύπτει μία πτυχή (crease) μεταξύ των faces. Τέλος, επιπρόσθετα metadata elements που συνοδεύουν τον κόμβο γεωμετρίας μπορούν να ενσωματωθούν μέσω του *Metadata3D* element, που ορίζεται παρακάτω.



DDL representation syntax

```
<complexType name="Geometry3DType">
  <complexContent>
    <extension base="mpeg7:VisualDType">
      <sequence>
        <element name="Geometry3D" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
          <complexType>
            <attribute name="DEF" type="string" use="required"/>
            <attribute name="ObjectType" type="string" use="required"/>
            <attribute name="convex" type="boolean" use="optional"/>
            <attribute name="creaseAngle" type="float" use="optional"/>
          </complexType>
        </element>
        <element name="Metadata3D" type="mpeg7:Metadata3DType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
        </element>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>
```

Σχήμα 5 MPEG -7 XSD Extension του Geometry3DType

Descriptor component semantics

Όνομα	Ορισμός
Geometry3DType	Περιγράφει τους τύπους των πρωτόγονων ή σύνθετων σχημάτων που περιέχονται σε ένα αρχείο X3D.
Geometry3D	Κάθε Geometry3D element περιγράφει ένα σχήμα από το αντίστοιχο X3D αρχείο. Ο τύπος της γεωμετρίας αυτής καθορίζεται στο ObjectType attribute και το όνομά της στο DEF attribute. Στη περίπτωση των σύνθετων σχημάτων που ορίζονται από set πολυγώνων, τα convex και creaseAngle attributes μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν αποτελεσματικά τον τύπο του αντικειμένου. Το Boolean attribute convex καθορίζει την καμπυλότητα του σχήματος (true για planar επιφάνειες και false για non planar ή intersecting σχήματα πολυγώνων). Το creaseAngle attribute παρέχει μία float τιμή καθορίζοντας τη γωνία στην οποία εμφανίζεται μία πτυχή (crease) μεταξύ των faces. Αυτές οι δύο attribute τιμές μπορούν να εξάγονται απευθείας από το X3DGeometryNode για τους σύνθετους κόμβους γεωμετρίας. Εάν χρησιμοποιείται το USE attribute στο X3D αρχείο για τον ορισμό ενός κόμβου γεωμετρίας, τότε μπορεί να περιγραφεί κανονικά μέσω του Geometry3D element όπως οποιαδήποτε άλλη γεωμετρία, περιγράφοντας τον κόμβο εκείνο γεωμετρίας στον οποίο αναφέρεται το USE attribute.
Metadata3D	Καθορίζει τα πρόσθετα στοιχεία metadata που μπορεί να περιέχονται σε ένα κόμβο X3D γεωμετρίας, όπως MetadataDouble, MetadataFloat, MetadataSet που ορίζονται στο πρότυπο X3D. Το Metadata3D ορίζεται ξεχωριστά παρακάτω ως επέκταση του MPEG-7 προτύπου, μέσω του Metadata3DType.

Descriptor component example

<pre><Transform translation='2.5 0 0'> <Shape> <Sphere DEF='DefaultSphere' radius='1' /> </Shape> </Transform></pre>	<pre><Descriptor xsi:type="Geometry3DType"> <Geometry3D ObjectType="Sphere" DEF="DefaultSphere" /> </Descriptor></pre>
---	--

(α)

(β)

Παράδειγμα 2 Μετατροπή Geometry3D Description, (a) X3D XML Geometry node, (b) Αντίστοιχο MPEG-7 Geometry3D Descriptor

Metadata3D descriptor

Οι κόμβοι γεωμετρίας στις σκηνές X3D μπορούν να περιέχουν metadata elements, τα οποία είναι απαραίτητα για ένα πλήρη ορισμό του γεωμετρικού περιεχομένου. Επομένως, η κατασκευή ενός *Metadata3D* descriptor σε συνδυασμό με το *Geometry3D* descriptor βοηθά να συλληφθούν πλήρως όλες οι σημασιολογίες της γεωμετρίας από ένα έγγραφο X3D. Όλα τα elements που εμπεριέχονται μέσα στο MPEG-7 Schema Extension αντιστοιχούν στα ισοδύναμα elements τους μέσα στον κόμβο *X3DMetadataObject* όπως ορίζεται στο X3D, με εξαίρεση το element Ref (που εικονίζεται στο Σχήμα 4.2.3), το οποίο αντιστοιχεί στην XPath θέση των metadata που περιγράφονται. Τα X3D MetadataSet elements, που περιέχουν ένα set από απλούς κόμβους metadata όπως MetadataDouble, MetadataInteger, MetadataFloat, μπορούν επίσης να περιγραφούν με την επαναχρησιμοποίηση του value attribute που θα συμπεριλαμβάνει τους εσωτερικούς κόμβους metadata.

DDL representation syntax

```
<complexType name="Metadata3DType">
  <complexContent>
    <extension base="mpeg7:VisualDType">
      <sequence>
        <element name="name" type="string" minOccurs="1" maxOccurs="1">
        </element>
        <element name="type" type="string" minOccurs="1" maxOccurs="1">
        </element>
        <element name="reference" type="string" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
        </element>
        <element name="value" minOccurs="1" maxOccurs="1">
        </element>
        <element name="Ref" type="mpeg7:xPathRefType" minOccurs="0"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>
```

Σχήμα 6 MPEG -7 XSD Extension του Metadata3DType



Descriptor components semantics

Όνομα	Ορισμός
Metadata3DType	Καθορίζει οποιασδήποτε επιπλέον τιμές metadata που περιέχονται σε ένα κόμβο X3D, όπως είναι οι MetadataFloat, MetadataInteger, MetadataSet.
name	Καθορίζει το όνομα του τύπου metadata που περιγράφεται, παραγόμενο από το αντίστοιχο name attribute του X3D κόμβου metadata.
type	Καθορίζει το τύπο των metadata που περιγράφονται, όπως MetadataFloat, MetadataInteger, MetadataSet.
reference	Περιέχει την τιμή του πεδίου reference από τον κόμβο X3D Metadata. Όπως ορίζεται στο πρότυπο X3D, ο προσδιορισμός του πεδίου reference είναι επιλεκτικός. Αν παρέχεται, προσδιορίζει το πρότυπο των metadata ή οποιονδήποτε άλλο προσδιορισμό που ορίζει το πεδίο name.
value	Περιέχει όλες τις τιμές που εξάγονται από τον αντίστοιχο κόμβο X3D metadata. Στη περίπτωση του MetadataSet element, το MPEG-7 value element περιέχει όλα τα εμφωλευμένα metadata elements και τις αντίστοιχες τιμές τους από το X3D αρχείο.
Ref	Παρέχει την XPath θέση από τον γράφο X3D XML του metadata element που περιγράφεται, για λόγους γρήγορης αναζήτησης και ανάκτησης.

Descriptor components example

<pre><Shape> <Cylinder DEF='Button' bottom='false' height='.5' radius='.25'> <MetadataDouble name='sample data' value='1.0 2.0 3.0' containerField='metadata'/> </Cylinder> </Shape></pre>	<pre><Descriptor xsi:type="Geometry3DType"> <Geometry3D ObjectType="Cylinder" DEF="Button"/> <Metadata3D> <name>sample data</name> <type>MetadataDouble</type> <value>1.0 2.0 3.0</value> <Ref>/X3D/Scene/.../Shape[1]/Cylinder[1]</Ref> </Metadata3D> </Descriptor></pre>
<pre><Cylinder height='.5' radius='.25'> <MetadataSet containerField='metadata'> <MetadataDouble value='1.0' containerField='value'/> <MetadataFloat value='1.0' containerField='value'/> <MetadataInteger value='1'</pre>	<pre><Metadata3D> <type>MetadataSet</type> <value> <type>MetadataDouble</type> <value>1.0</value> <type>MetadataFloat</type> <value>1.0</value> <type>MetadataInteger</type> <value>1</value></pre>



<pre> containerField='value'/> <MetadataString value=""blah" "blah" containerField='metadata'/> <MetadataSet containerField='value'> <MetadataInteger value='1' containerField='value'/> </MetadataSet> </MetadataSet> </Cylinder> </pre>	<pre> <type>MetadataString</type> <value>"blah" "blah"</value> <type>MetadataSet</type> <value>Internal MetadataSet</value> </value> <Ref>/X3D/Scene/.../Cylinder[1]/MetadataSet[1]/MetadataSet[1]</Ref> </Metadata3D> </pre>
--	---

(α)

(β)

Παράδειγμα 3 Μετατροπή Geometry3D με το Metadata3D Description, (a) X3D XML Geometry node μαζί με Metadata elements, (b) Αντίστοιχο MPEG-7 Geometry3D και Metadata3D Descriptor

Interactivity3D Descriptor

Το *Interactivity3D* Descriptor εξυπηρετεί στον προσδιορισμό της πηγής μίας διάδρασης σε συνδυασμό με τις τιμές των κόμβων ROUTE από το X3D αρχείο. Οι διαδράσεις των αντικειμένων X3D είναι γεγονότα τα οποία προκαλούνται είτε μέσω ενεργειών του χρήστη (π.χ. Sensor, Trigger nodes) είτε μέσω εσωτερικών ενεργειών κάποιων υπεύθυνων κόμβων τύπου Script και Triggers, εξαρτώμενοι από κόμβους Timers. Τα γεγονότα δρομολογούνται μεταξύ κόμβων με τη χρήση των ROUTE δηλώσεων, συνδέοντας την έξοδο από το ένα γεγονός στην είσοδο του γεγονότος με το οποίο σχετίζεται. Έχοντας γνώση για την πηγή του γεγονότος εξασφαλίζονται οι κατάλληλες πληροφορίες για τον τύπο της ενέργειας που επιτρέπει τη διάδραση που ώστε να προκληθεί το animation του συγκεκριμένου αντικειμένου. Το Route element είναι αναγκαίο για την εξαγωγή πληροφορίας ως προς τους τύπους των αντικειμένων που εμπλέκονται σε ένα animation καθώς και ως προς τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται σε άλλα animations αντικειμένων, παρέχοντας τη συσχέτιση των ενεργειών τους μέσω των πεδίων εισόδου και εξόδου τους. Επιπλέον, η XPath θέση στη σκηνή του ROUTE element εξάγεται για την γρήγορη αναζήτηση και ανάκτηση των συνδεδεμένων αντικειμένων και animations.



DDL representation syntax

```

<complexType name="Interactivity3DType">
  <complexContent>
    <extension base="mpeg7:VisualDType">
      <sequence>
        <element name="TriggerSource" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
          <simpleType>
            <restriction base="string">
              <enumeration value="UserTrigger"/>
              <enumeration value="InternalTrigger"/>
            </restriction>
          </simpleType>
        </element>
        <element name="Route" type="" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
          <complexType>
            <simpleContent>
              <extension base="mpeg7:xPathRefType">
                <attribute name="fromNode" type="string" use="required"/>
                <attribute name="fromNodeType" type="string" use="required"/>
                <attribute name="toNode" type="string" use="required"/>
                <attribute name="toNodeType" type="string" use="required"/>
              </extension>
            </simpleContent>
          </complexType>
        </element>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

```

Σχήμα 7 MPEG -7 XSD Extension του Interactivity3DType

Descriptor components semantics

Όνομα	Ορισμός
Interactivity3DType	Περιγράφει τις διαδράσεις που συμβαίνουν μέσα σε ένα X3D αρχείο, και πιο συγκεκριμένα από τα X3D ROUTE elements.
TriggerSource	Καθορίζει την πηγή που παράγει ένα συγκεκριμένο animation. Εξαρτάται από τον κόμβο ROUTE. Εάν το fromNode ενός κόμβου X3D ROUTE αναφέρεται σε ένα κόμβο ο οποίος χρειάζεται την διάδραση μέσω του χρήστη ώστε να κινηθεί, τότε θεωρείται ως UserTrigger. Εάν ο κόμβος αυτός ξεκινά την διάδραση μέσω κάποιου κόμβου που βρίσκεται εσωτερικά στο X3D αρχείο και εξαρτάται από άλλους κόμβους ή μεθόδους script, τότε το TriggerSource θεωρείται ως InternalTrigger.
Route	Περιγράφει τον αντίστοιχο κόμβο X3D ROUTE. Καθορίζει τους κόμβους τους οποίους συνδέει μεταξύ τους και τους αντίστοιχους τύπους των κόμβων αυτών. <i>fromNode</i> : Καθορίζει τον κόμβο που παράγει το γεγονός εξόδου.



	<p>Αντιστοιχεί στο X3D fromNode attribute από το ROUTE element.</p> <p><i>fromNodeType</i>: Καθορίζει τον τύπο του κόμβου που παράγει το γεγονός εξόδου.</p> <p><i>toNode</i>: Καθορίζει το κόμβο που χρειάζεται την έξοδο του γεγονότος που παράγει το fromNode ως παράμετρο εισόδου του γεγονότος του. Αντιστοιχεί στο X3D toNode attribute από το ROUTE element.</p> <p><i>toNodeType</i>: Καθορίζει τον τύπο του κόμβου που χρειάζεται την έξοδο του γεγονότος που παράγει το fromNode ως παράμετρο εισόδου του γεγονότος του.</p> <p>Το Route element παρέχει την XPath θέση από τον X3D XML γράφο του ROUTE element που περιγράφεται, για λόγους αναζήτησης και ανάκτησης του επικείμενου animation.</p>
--	--

Descriptor components example

<pre><ROUTE fromNode='ButtonTimer' fromField='isActive' toNode='ControlScript' toField='buttonTimerActive'/></pre>	<pre><Descriptor xsi:type="Interactivity3DType"> <TriggerSource>UserTrigger</TriggerSource> <Route fromNode="ButtonTimer" fromNodeType="TimeSensor" toNode="ControlScript" toNodeType="Script"/>/X3D/Scene/ROUTE[1]</Route> </Descriptor></pre>
<pre><ROUTE fromNode='ControlScript' fromField='newButtonPath' toNode='ButtonMover' toField='keyValue'/></pre>	<pre><Descriptor xsi:type="Interactivity3DType"> <TriggerSource>InternalTrigger</TriggerSource> <Route fromNode="ControlScript" fromNodeType="Script" toNode="ButtonMover" toNodeType="PositionInterpolator"/>/X3D/Scene/ROUTE[2]</Route> </Descriptor></pre>

(α)

(β)

Παράδειγμα 4 Μετατροπή Interactivity3D Description, (a) X3D XML ROUTE node, (b) Αντίστοιχο MPEG-7 Interactivity3D Descriptor



4.2.2.MPEG-7 Part 3 – Multimedia Description Schemes (MDS)

Το κεντρικό element (root) της MPEG-7 περιγραφής επιτρέπει την εγγραφή πολλαπλών περιπτώσεων μίας πλήρους περιγραφής των top-level τύπων μέσα σε μία μοναδική περιγραφή. Προκειμένου να επιτευχθεί μία πλήρης περιγραφή πολυμεσικών δεδομένων, θα πρέπει να περιγραφούν διάφορα metadata στοιχεία που σχετίζονται με την πλήρη περιγραφή των top-level τύπων αυτών. Οι metadata περιγραφές ουσιαστικά περιγράφουν τα metadata elements για τις περιγραφές που εμπεριέχονται μέσα στην περίπτωση (instance) του complete description top-level type [36]. Το *DescriptionMetadata* Descriptor επεκτάθηκε σε αυτή την εργασία για να περιέχει δύο απαραίτητα metadata elements από το πρότυπο X3D, το Profile3D και το Script3D.

DescriptionMetadata Header

Το *DescriptionMetadata* Header περιγράφει στοιχεία metadata που αφορούν μία περιγραφή, όπως για παράδειγμα τα αναγνωριστικά της περιγραφής αυτής (private ή public identifier) ή ακόμα και τις περιγραφές δημιουργίας (Creation metadata) και την έκδοση (Version) [36].

Τα Metadata descriptions που αφορούν πληροφορία τύπου X3D metadata έχουν ενσωματωθεί προσθέτοντας τα *Profile3D* και *Script3D* datatypes. Το *Profile3D* είναι απαραίτητο να εισαχθεί στο metadata description προκειμένου να καθορίσει τις επιπλέον δυνατότητες που παρέχονται μαζί με το πολυμεσικό περιεχόμενο του X3D αρχείου. Το *Script3D* Description Scheme ενσωματώνει τις θέσεις στις οποίες βρίσκονται οι scripting κλάσεις προκειμένου να περιγραφεί πλήρως μία X3D σκηνή, παρέχοντας πληροφορία για τη φυσική τοποθεσία των script, δηλαδή αν απαιτούνται εξωτερικά αρχεία κλάσεων τα οποία καθορίζουν πλήρως τις διάφορες διαδράσεις που μπορούν να υπάρξουν.

Extended DescriptionMetadata header syntax

```
<complexType name="DescriptionMetadataType">
  <complexContent>
    <extension base="mpeg7:HeaderType">
      <sequence>
        ...
        <element name="Profile3D" type="mpeg7:Profile3DType" minOccurs="0"/>
        <element name="Script3D" type="mpeg7:Script3DType" minOccurs="0"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>
```

Σχήμα 8 MPEG -7 XSD Extension του DescriptionMetadataType



Extended DescriptionMetadata header components semantics

Όνομα	Ορισμός
DescriptionMetadataType	Header που περιγράφει τα metadata μίας περιγραφής περιλαμβάνοντας πληροφορία αναγνωριστικών της περιγραφής (private ή public), περιγράφοντας τη δημιουργία της, την έκδοσή της και τα δικαιώματα που αναφέρονται με την περιγραφή αυτή. Το DescriptionMetadataType είναι επέκταση του HeaderType.
Profile3D	Καθορίζει το X3D profile του αρχείου στο οποίο επισυνάπτεται η metadata περιγραφή, το ορίζεται στη συνέχεια.
Script3D	Καθορίζει τον τύπο Script και το Script access information του X3D αρχείου στο οποίο επισυνάπτεται η metadata περιγραφή, το οποίο ορίζεται παρακάτω.

Extended DescriptionMetadata header syntax example

<pre><X3D profile='Immersive' version='3.1'> <Script DEF='ControlScript' > </Script></pre>	<pre><DescriptionMetadata> <Version>3.1</Version> <Profile3D>Immersive</Profile3D> <Script3D> <internalScript>JavaScript</internalScript> </Script3D> </DescriptionMetadata></pre>
--	--

(α)

(β)

Παράδειγμα 5 Μετατροπή DescriptionMetadata Description, (a) X3D XML root node και Script node, (b) Αντίστοιχο MPEG-7 DescriptionMetadata header description

Profile3D Descriptor

Το *Profile3D* Type αντιστοιχεί στη τιμή του profile attribute από το X3D root element όπως ορίζεται σε ένα XML-κωδικοποιημένο X3D αρχείο. Τα X3D αρχεία απαιτούν τον ορισμό του profile που χρησιμοποιείται, προκειμένου να εξάγονται όλες τις επιπλέον δυνατότητες που σχετίζονται με τη σκηνή και το περιεχόμενο. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να ενσωματωθεί και ο τύπος του profile μέσα στην MPEG-7 περιγραφή, ενημερώνοντας τον X3D browser για τις ενδεχόμενες επιπλέον απαιτήσεις.



Definition of Profile3D datatype

```
<simpleType name="Profile3DType">
  <restriction base="string">
    <enumeration value="Core"/>
    <enumeration value="Interchange"/>
    <enumeration value="Interactive"/>
    <enumeration value="MPEG_interactive"/>
    <enumeration value="Immersive"/>
    <enumeration value="Full"/>
    <enumeration value="CADInterchange"/>
  </restriction>
</simpleType>
```

Σχήμα 9 MPEG -7 XSD Extension του Profile3D

Profile3D datatype semantics

Όνομα	Ορισμός
Profile3DType	<p>Καθορίζει τον τύπο του profile όπως αυτό ορίζεται στο αντίστοιχο X3D αρχείο. Οι τύποι profile του X3D είναι οι εξής:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Core</i> – ορίζει όλους τους βασικούς τύπους δεδομένων και τη βασική δομή του X3D. • <i>Interchange</i> – είναι το βασικό profile για την επικοινωνία μεταξύ εφαρμογών. Υποστηρίζει γεωμετρία, υφές, βασικό φωτισμό και animation. Δεν υπάρχει κάποιο run-time μοντέλο για το rendering, κάνοντας το εύκολο στη χρήση και την ενσωμάτωσή του σε οποιαδήποτε εφαρμογή. • <i>Interactive</i> – ενεργοποιεί βασικές λειτουργίες διάδρασης με ένα 3D περιβάλλον προσθέτοντας διάφορους κόμβους sensor για την πλοήγηση και διάδραση του χρήστη στο χώρο (π.χ. PlanseSensor, TouchSensor, κλπ.), ενισχυμένο συγχρονισμό και επιπρόσθετο φωτισμό (Spotlight, PointLight). • <i>MPEG_interactive</i> – είναι μία μικρή έκδοση του Interactive profile σχεδιασμένο για την δικτυακή εκπομπή, συσκευές χειρός και κινητά τηλέφωνα και έχει σχεδιαστεί να χρησιμοποιηθεί με το πρότυπο MPEG-4. • <i>Immersive</i> – ενεργοποιεί πλήρως τα 3D γραφικά και τη διάδραση, συμπεριλαμβάνοντας την υποστήριξη ήχου, τις συγκρούσεις, ομίχλη, και το scripting. Είναι το πλησιέστερο στο VRML97. • <i>Full</i> – περιλαμβάνει όλους τους κόμβους που ορίζονται στο πρότυπο, συμπεριλαμβανομένων των NURBS, H-Anim και GeoSpatial components. • <i>CADInterchange</i> – αντιστοιχεί στο CDF (CAD Distillation Format) profile που είναι υπό κατασκευή για να επιτρέψει την μετατροπή δεδομένων τύπου CAD σε ένα ανοιχτό μορφότυπο για την έκδοση και τα



	διαδραστικά μέσα.
--	-------------------

Script3D Descriptor

Τα X3D αρχεία μπορεί να περιέχουν Script elements τα οποία καθορίζουν διαδράσεις και κινήσεις των αντικειμένων μέσα στη σκηνή. Τα Scripts μπορούν να οριστούν είτε εσωτερικά μέσω του X3D Script node (Javascript) είτε εξωτερικά μέσω Java ή Jscript κλάσεων. Η προτεινόμενη *Script3D* datatype επέκταση ορίζεται για να προσδιορίσει αν η script κλάση περιέχεται εσωτερικά στο X3D αρχείο που περιγράφεται ή αν βρίσκεται σε κάποια εξωτερική τοποθεσία. Πέραν της τοποθεσίας, ο τύπος αυτός περιέχει τον τύπο της scripting γλώσσας που χρησιμοποιείται. Η πληροφορία για την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται το Script είναι ένα απαραίτητο metadata element, καθώς βοηθά στην ανάκτηση όλων εκείνων των δεδομένων που σχετίζονται με το X3D περιεχόμενο, ειδικά εφόσον οι εξωτερικές Script κλάσεις μπορούν να βρίσκονται σε διαφορετικό φυσικό σημείο από εκείνο που βρίσκεται το αντίστοιχο περιεχόμενο X3D. Επιπροσθέτως, το *Script3D* element παρέχει πληροφορία για τις compiling απαιτήσεις τις οποίες θα πρέπει να ακολουθεί ένας X3D browser, ανάλογα με την scripting γλώσσα.

Definition of Script3D datatype

```

<complexType name="Script3DType">
  <complexContent>
    <extension base="mpeg7:DSType">
      <sequence>
        <choice minOccurs="1" maxOccurs="1">
          <element name="externalScript" minOccurs="0" default="Java">
            <simpleType>
              <restriction base="string">
                <enumeration value="Java"/>
                <enumeration value="JScript"/>
              </restriction>
            </simpleType>
          </element>
          <element name="internalScript" minOccurs="0" default="Javascript">
          </element>
        </choice>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

```

Σχήμα 10 MPEG -7 XSD Extension του Script3D



Script3D datatype semantics

Όνομα	Ορισμός
Script3DType	Περιγράφει τον scripting τύπο του κόμβου X3D Script. Το Script3DType είναι επέκταση του DType.
externalScript	Καθορίζει την εξωτερική κλάση η οποία εκτελεί τις αντίστοιχες scripting λειτουργίες στο X3D αρχείο που περιγράφεται. Όταν ο κόμβος X3D Script περιλαμβάνει ένα url attribute το οποίο αναφέρεται σε κάποια εξωτερική κλάση, τότε αυτό το element καθορίζει τον τύπο της scripting κλάσης που περιγράφεται. Εξωτερικές scripting κλάσεις μπορούν να είναι Java κλάσεις (.class) ή Jscript κλάσεις (.js).
internalScript	Καθορίζει ότι ο κόμβος Script περιέχει εσωτερικές script functions και δεν αναφέρεται σε εξωτερικές scripting κλάσεις. Ο τύπος του εσωτερικού script είναι κατ' ανάγκη Javascript, όπως ορίζεται από το πρότυπο X3D.

Script3D datatype example

<pre><Script DEF='InterfaceScriptNode'> </Script></pre>	<pre><Script3D> <internalScript>JavaScript</internalScript> </Script3D></pre>
<pre><Script DEF='InterfaceScriptNode' url='InterfaceFunctions.class'> </Script></pre>	<pre><Script3D> <externalScript>Java</externalScript> </Script3D></pre>

(α)

(β)

Παράδειγμα 6 Μετατροπή Script3D Description, (a) X3D XML Script node, (b) Αντίστοιχο MPEG-7 Script3D description



5

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται και αναλύεται η εφαρμογή που δημιουργήθηκε για την εξαγωγή περιγραφής τύπου MPEG-7 από αρχεία τρισδιάστατου περιεχομένου X3D. Η υλοποίηση του συστήματος στηρίχθηκε στη μελέτη που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και στις επεκτάσεις που ορίστηκαν και αναλύθηκαν παραπάνω. Αρχικά παρουσιάζεται το περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής και ο τρόπος λειτουργίας της. Στη συνέχεια δίνονται οι λεπτομέρειες υλοποίησης και οι βασικοί αλγόριθμοι εξαγωγής της περιγραφής με τη δομή του λεπτομερούς κώδικα.

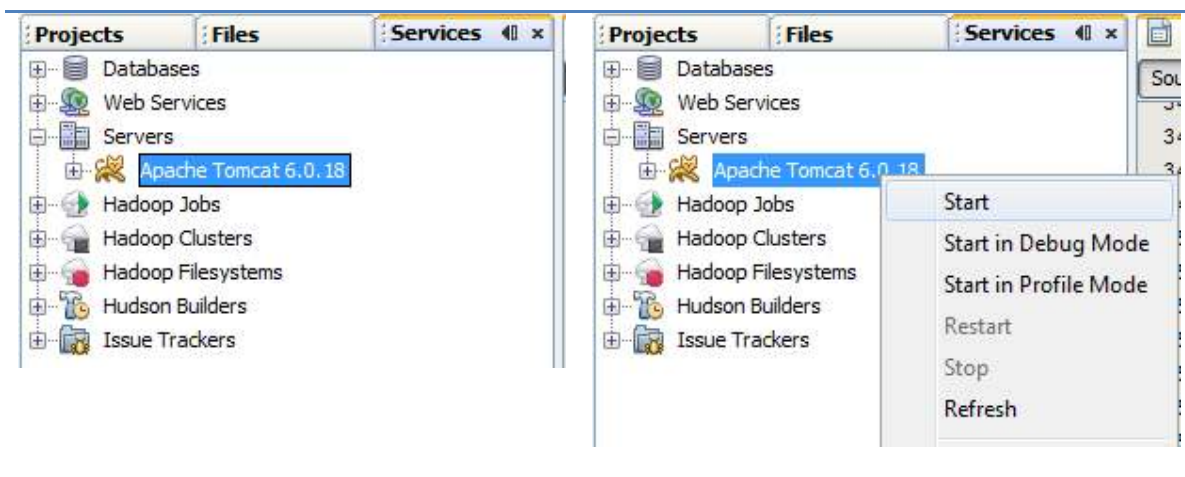
5.1. Περιγραφή και Λειτουργία της εφαρμογής

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται το περιβάλλον λειτουργίας της εφαρμογής εξαγωγής περιγραφής MPEG-7 αρχείων X3D. Η εφαρμογή αυτή υλοποιήθηκε με τη χρήση της γλώσσας Java και παρέχει ένα διαδραστικό περιβάλλον όπου ο χρήστης επιλέγει το αρχείο X3D από το οποίο επιθυμεί να εξάγει τη περιγραφή των στοιχείων που περιέχει και ορίζει το σημείο στο οποίο θέλει να αποθηκεύσει το παραγόμενο αρχείο περιγραφής. Η εφαρμογή έχει στηριχθεί στην προγραμματιστική σουίτα NetBeans IDE 6.7.1 όπου έχει ενσωματωθεί ένας application server Apache Tomcat 6.0.18. Ο Apache Tomcat server είναι υπεύθυνος για την βάση δεδομένων eXist όπου αποθηκεύονται τα τεκμηριωμένα αρχεία περιγραφής MPEG-7 μετά την ολοκλήρωση της επικύρωσης με βάση το MPEG-7 XSD Schema.



Αρχικά, πριν να ξεκινήσει η λειτουργία της κύριας εφαρμογής, θα πρέπει να γίνει η έναρξη λειτουργίας του Apache Tomcat ώστε να υπάρξει επικοινωνία με τη βάση eXist. Στην πλατφόρμα NetBeans IDE πρέπει να επιλεγθεί το tab που βρίσκεται πάνω αριστερά εν ονόματι **Services** και από εκεί στο αναδυόμενο menu **Servers** (expand) με δεξί κλικ στον Apache Server 6.0.18 παρουσιάζονται οι επιλογές του server. Επιλέγοντας την εντολή **Start** ξεκινάει να λειτουργεί ο server φορτώνοντας τις κατάλληλες διεργασίες.

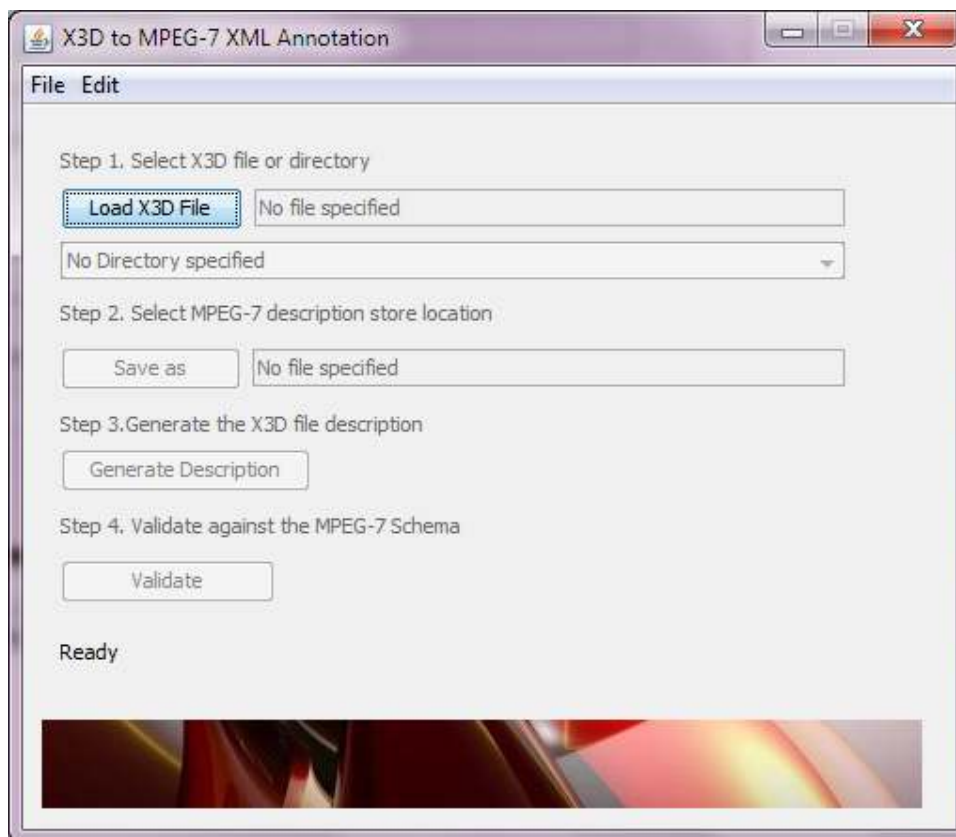
Συνοπτικά: **NetBeans IDE** → **Services (tab)** → **Servers (expand)** → **Apache Tomcat 6.0.18** (right click) → **Start**



Εικόνα 6 Έναρξη λειτουργίας Apache Tomcat Server

Αφού έχει ξεκινήσει να λειτουργεί πλήρως ο server, μπορεί να ξεκινήσει η εφαρμογή “X3D to MPEG-7 XML Annotation”. Η διεπαφή της εφαρμογής φαίνεται στην επόμενη εικόνα.





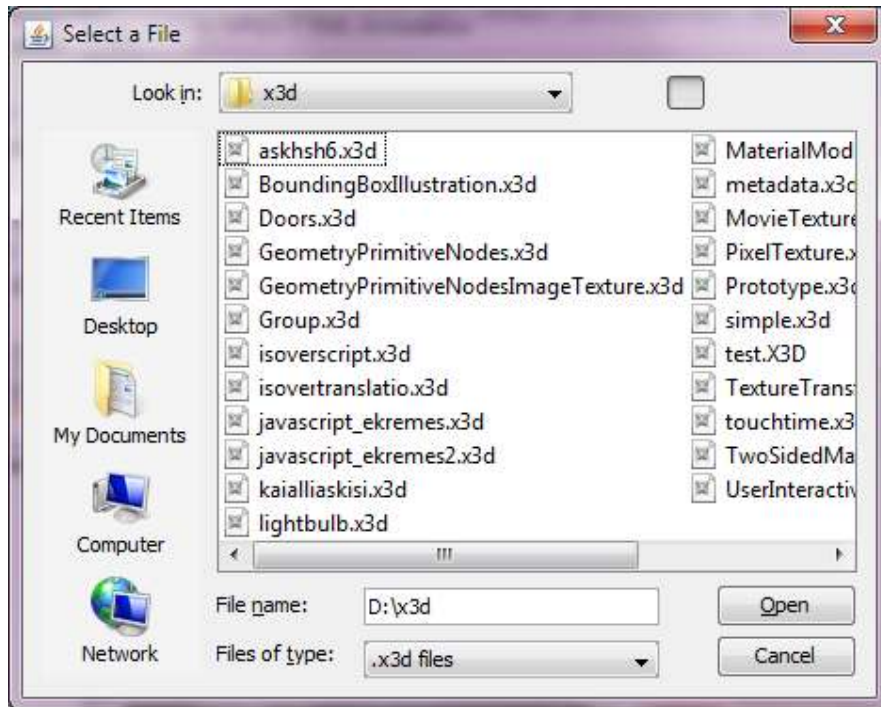
Εικόνα 7 Περιβάλλον εφαρμογής “X3D to MPEG-7 XML Annotation”

Η διαδικασία εξαγωγής της τεκμηριωμένης περιγραφής έχει χωριστεί σε τέσσερα (4) επιμέρους βήματα.

- **Βήμα 1 (Step 1)** : Επιλογή μεμονωμένου αρχείου X3D ή ολόκληρου φακέλου με αρχεία X3D
- **Βήμα 2 (Step 2)** : Επιλογή τοποθεσίας αποθήκευσης παραγόμενου αρχείου περιγραφής MPEG-7
- **Βήμα 3 (Step 3)** : Εξαγωγή περιγραφής των στοιχείων που περιέχονται στο επιλεγμένο αρχείο X3D
- **Βήμα 4 (Step 4)** : Επικύρωση του παραγόμενου αρχείου με βάση το MPEG-7 extended XSD Schema

Αρχικά (Step 1) ο χρήστης επιλέγει (button **Load X3D File**) είτε ένα μεμονωμένο αρχείο τύπου X3D που επιθυμεί να εξάγει τη περιγραφή του είτε ολόκληρο φάκελο με αρχεία τύπου X3D. Σημειώνεται ότι το περιβάλλον αναζήτησης αρχείων επιτρέπει την επιλογή μόνο αρχείων τύπου X3D (δηλαδή με κατάληξη .x3d), εμφανίζοντας μόνο τα αρχεία αυτά, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.

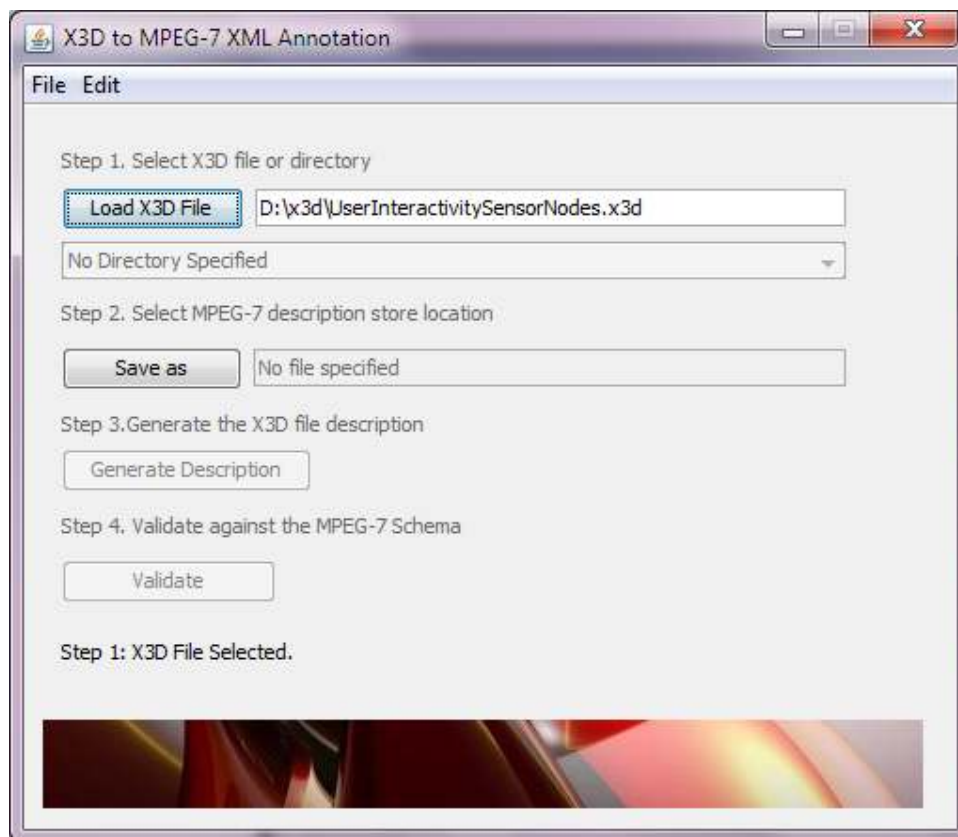




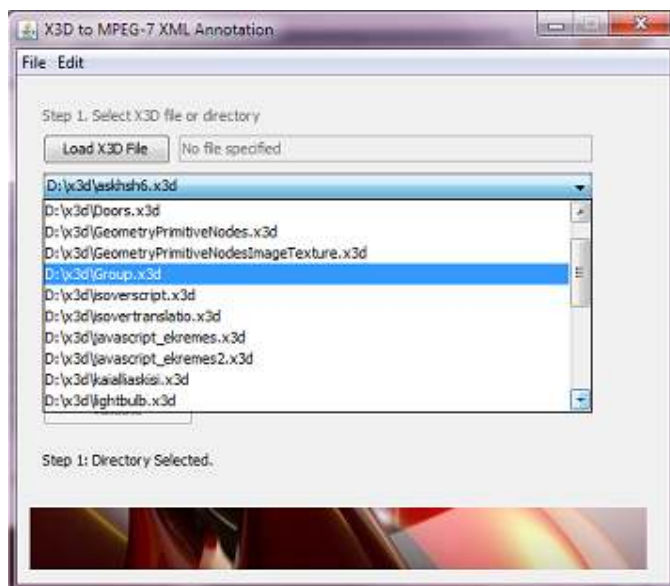
Εικόνα 8 Περιβάλλον αναζήτησης αρχείων X3D από τον τοπικό δίσκο

Παράλληλα, εάν ο χρήστης επιλέξει ένα αρχείο να εμφανιστεί τότε θα εμφανιστεί η διαδρομή του αρχείου εκείνου στο δίσκο στο πρώτο πεδίο (TextField), ενώ εάν επιλέξει ολόκληρο φάκελο θα εμφανιστούν οι διαδρομές όλων των αρχείων τύπου X3D σε ένα drop down menu από όπου μπορεί ο χρήστης να επιλέγει κάθε φορά όποιο αρχείο επιθυμεί.





Εικόνα 9 Βήμα 1 – Επιλογή μεμονωμένου αρχείου X3D



Εικόνα 10 Βήμα 1 – Επιλογή ολόκληρου φακέλου αρχείων X3D

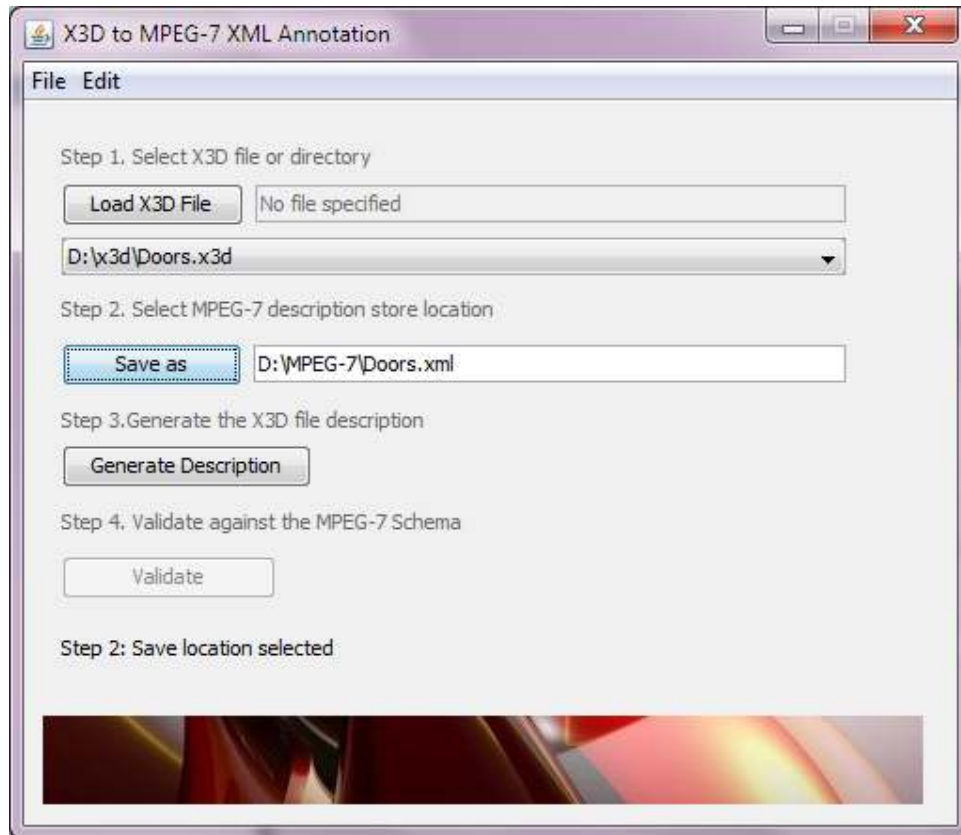


Στο Βήμα 2, ο χρήστης επιλέγει μέσω ενός διαλόγου αποθήκευσης (Save Dialog) τη τοποθεσία αποθήκευσης του παραγόμενου αρχείου MPEG-7 περιγραφής. Τα αρχεία περιγραφής αποθηκεύονται απαραίτητα σε μορφή XML (δηλαδή με κατάληξη .xml), ενώ παράλληλα το όνομα του αρχείου έχει εξ αρχής το ίδιο όνομα με το αρχείο X3D που περιγράφεται για ευκολία του χρήστη, το οποίο όμως μπορεί αν επιθυμεί να το αποθηκεύσει με οποιαδήποτε άλλη ονομασία.



Εικόνα 11 Βήμα 2 – Επιλογή τοποθεσίας αποθήκευσης αρχείου περιγραφής MPEG-7 XML



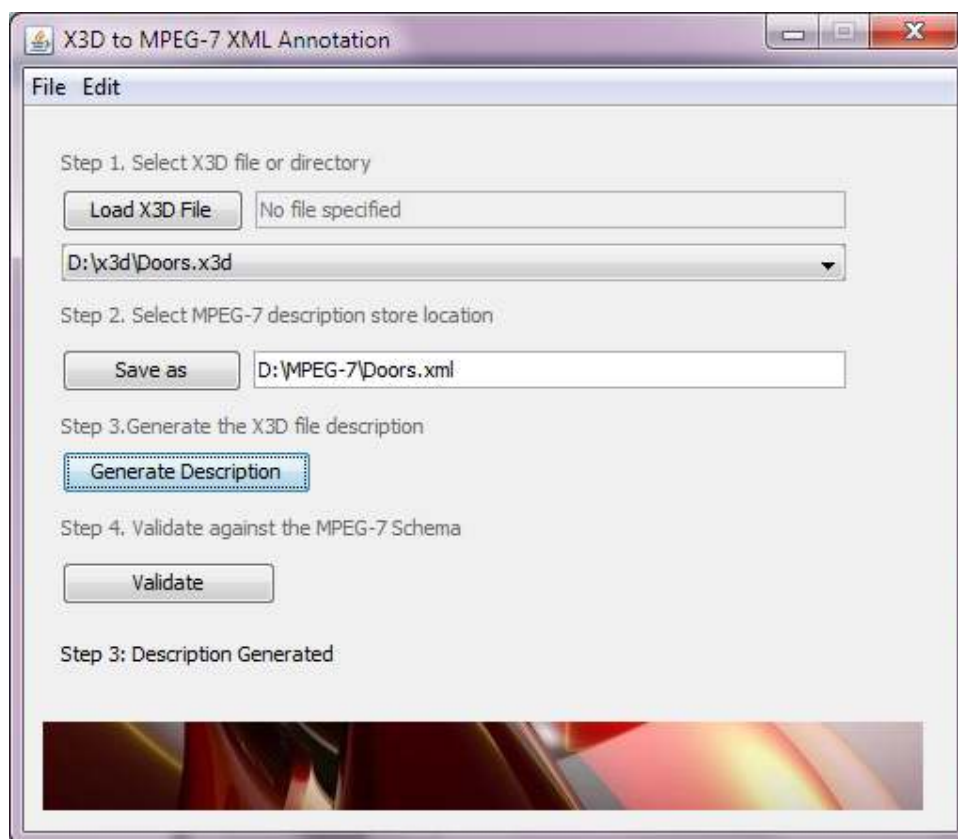


Εικόνα 12 Βήμα 2 – Επιλογή τοποθεσίας αποθήκευσης αρχείου περιγραφής MPEG-7 XML

Αφού έχουν οριστεί τα αρχεία επιλογής X3D και προορισμού MPEG-7 XML, στο Βήμα 3 γίνεται η διαδικασία αυτοματοποιημένης εξαγωγής της περιγραφής των σημασιολογικών και δομικών στοιχείων του αρχείου X3D (button **Generate Description**). Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας εξαγωγής, θα εμφανιστεί στο status label :

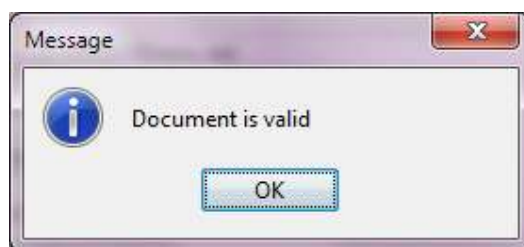
“Step 3: Description Generated”





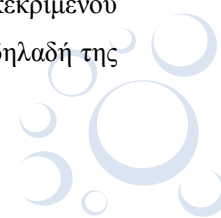
Εικόνα 13 Βήμα 3 – Αυτόματη εξαγωγή περιγραφής MPEG-7 XML

Το τελευταίο βήμα της διαδικασίας εξαγωγής περιγραφής MPEG-7 περιλαμβάνει την τεκμηρίωσή της επικυρώνοντας το παραγόμενο αρχείο MPEG-7 XML έναντι του MPEG-7 XSD Schema (button **Validate**). Εάν το παραγόμενο αρχείο είναι έγκυρο, εμφανίζεται ένα Pop Up παράθυρο ενημερώνοντας τον χρήστη και στη συνέχεια το έγγραφο αυτό αποθηκεύεται αυτόματα στην βάση XML αρχείων eXist μέσω του Apache Tomcat Server.

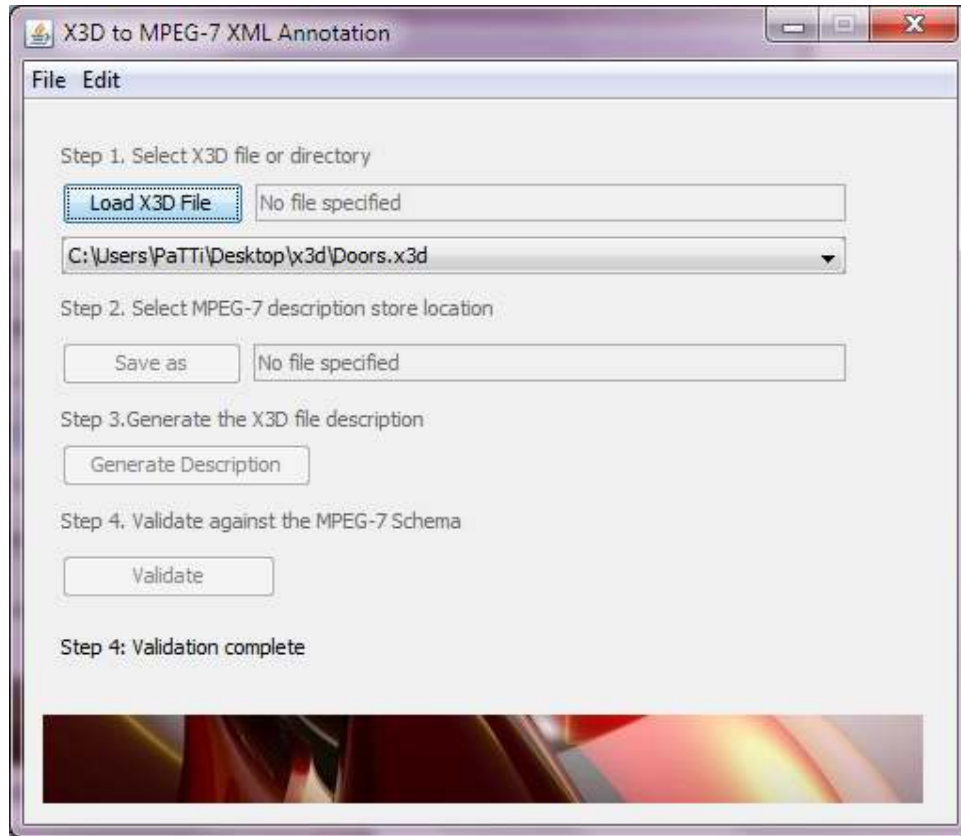


Εικόνα 14 Βήμα 4 – Επιβεβαίωση εγκυρότητας του αρχείου περιγραφής MPEG-7 XML

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία εξαγωγής της τεκμηριωμένης περιγραφής του συγκεκριμένου αρχείου που επιλέχθηκε, απενεργοποιούνται όλα τα υπόλοιπα βήματα πλην του πρώτου, δηλαδή της

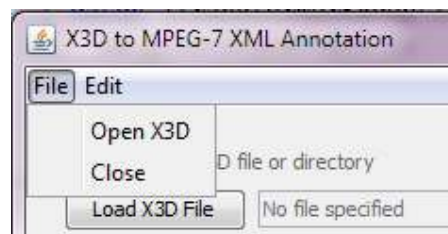


επιλογής αρχείου X3D, επιστρέφοντας την ιεραρχική διαδικασία στη αρχή. Ο χρήστης μπορεί να συνεχίσει να επιλέγει αρχεία τύπου X3D και να εκτελεί την ίδια διαδικασία για κάθε αρχείο του οποίου επιθυμεί να εξάγει την περιγραφή.



Εικόνα 15 Το περιβάλλον της εφαρμογής κατόπιν ολοκλήρωσης της διαδικασίας εξαγωγής περιγραφής μίας X3D σκηνής

Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί το γεγονός ότι ο χρήστης της εφαρμογής έχει τη δυνατότητα να ανοίξει το διάλογο αναζήτησης αρχείου X3D και από το κεντρικό menu της εφαρμογής, όπως επίσης και να τερματίσει την εφαρμογή (επιλογή **Close**).



Εικόνα 16 Το menu της εφαρμογής “X3D to MPEG-7 XML Annotation”

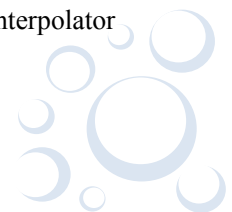


5.2. Παράδειγμα εξαγωγής περιγραφής

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζεται και επεξηγείται ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα περιγραφής μίας σκηνής X3D με το διευρυμένο πρότυπο MPEG-7 για λόγους αποσαφήνισης της λειτουργίας της εφαρμογής που υλοποιήθηκε. Η X3D σκηνή περιλαμβάνει δύο (2) πόρτες δομημένες πάνω σε ένα τοίχο. Οι πόρτες αυτές ενεργοποιούνται μέσω ενός κόμβου TouchSensor χωρίς τη χρήση μεθόδων Script, ενώ παράλληλα εφαρμόζονται ορισμένες υφές στα σχήματα των πορτών και του τοίχου για την παραγωγή ενός ρεαλιστικού αποτελέσματος.

Στο παράδειγμα που εικονίζεται παρακάτω, η X3D σκηνή αποτελείται από τρία δομικά σχήματα: ένας κόμβος IndexedFaceSet δημιουργεί τη δομή του τοίχου ενώ ένας δεύτερος κόμβος IndexedFaceSet δημιουργεί το σχήμα της πόρτας. Στη συνέχεια, το σχήμα της πόρτας εφαρμόζεται δύο φορές, τόσο στην αριστερή απεικόνιση της πόρτας όπου και ορίζεται στον XML γράφο (DEF), όσο και στην δεξιά πόρτα μέσω αναφοράς στον κόμβο ομαδοποίησης “Door” όπου βρίσκεται το αρχικό σχήμα (USE). Η αντίστοιχη MPEG-7 περιγραφή γεωμετρίας παρέχει ένα DescriptorCollection συσχετίζοντας κάθε κόμβο Grouping or Transformation που περιέχει ιδιότητες γεωμετρίας. Για κάθε τέτοιο κόμβο X3D, το MPEG-7 DescriptorCollection περιέχει ένα BoundingBox3D descriptor εμπεριέχοντας τα ογκομετρικά χαρακτηριστικά του πρωτογενούς σχήματος μαζί με ένα Geometry3D descriptor για κάθε αντίστοιχο κόμβο γεωμετρίας που υπάρχει στον κόμβο ομαδοποίησης. Για παράδειγμα, ο κόμβος X3D Shape που ορίζει το σχήμα του τοίχου αποτελείται από ένα IndexedFaceSet χωρίς να ορίζεται κάποιο X3D BoundingBox. Επομένως, η αντίστοιχη περιγραφή MPEG-7 DescriptorCollection της γεωμετρίας για τον τοίχο αποτελείται από ένα BoundingBox3D descriptor με τις προεπιλεγμένες τιμές (X3D bboxSize [-1, -1, -1], X3D bboxCenter [0, 0, 0]) και από ένα Geometry3D descriptor όπου το IndexedFaceSet ορίζεται ως το ObjectType σε συνδυασμό με το όνομα αναφοράς του, “Wall” (DEF).

Με παρόμοια τεχνική δημιουργούνται MPEG-7 DescriptorCollections για κάθε σχήμα που περιλαμβάνει ιδιότητες διάδρασης. Για παράδειγμα, το σχήμα του τοίχου είναι σταθερό και δεν μετακινείται άρα δεν έχει δυνατότητες διάδρασης. Επομένως, δεν δημιουργείται κανένα DescriptorCollection. Αντίθετα, και οι δύο πόρτες περιέχουν μοναδικούς TouchSensors. Όταν επιλεγθεί οποιαδήποτε πόρτα, θα δημιουργηθεί animation ανοίγοντας την αντίστοιχη πόρτα. Όπως φαίνεται στο παράδειγμα περιγραφής του MPEG-7, δημιουργούνται δύο DescriptorCollections, ένα για κάθε πόρτα. Για παράδειγμα, το “Interaction_DoorLeft” DescriptorCollection περιέχει ένα MotionTrajectory descriptor παρουσιάζοντας τις ιδιότητες του X3D Orientation Interpolator περιγράφοντας το animation που προκαλείται όταν γίνει click στην αριστερή πόρτα. Το X3D Orientation Interpolator περιστρέφει την πόρτα ώστε να ανοίξει, θεωρώντας ως άξονα περιστροφής τους μεντεσέδες της πόρτας. Το MotionTrajectory descriptor που περιγράφει τον Interpolator



αποτελείται από τα key και keyvalue attributes εξάγοντας τα από τον ίδιο τον Interpolator, και καταχωρώντας τα αντίστοιχα στα MotionTrajectory *MediaRelIncrTimePoint* και *KeyValues* elements. Για να ολοκληρωθεί το DescriptorCollection, όλοι οι κόμβοι X3D ROUTE περιγράφονται μέσω του Interactivity3D descriptor. Στο παράδειγμα, ο πρώτος κόμβος ROUTE που βρίσκεται αμέσως μετά από το Group Door συνδέει τα γεγονότα μεταξύ του TouchSensor και ενός BooleanFilter. Καθώς το TouchSensor είναι ο πρώτος κόμβος που συμμετέχει στο γεγονός στον κόμβο ROUTE, το αντίστοιχο MPEG-7 Interactivity3D descriptor περιέχει το “UserDefined” ως περιγραφή του TriggerSource, αφού οι TouchSensors ενεργοποιούνται μετά από click των τελικών χρηστών. Ταυτόχρονα, το Interactivity3D descriptor περιέχει την XPath θέση του X3D ROUTE καταχωρημένη στο Route element του. Το Interactivity3D Route element περιλαμβάνει ακόμα τα ονόματα των κόμβων και τους τύπους των κόμβων αυτών που συμμετέχουν στη συγκεκριμένη διάδραση (δηλαδή TouchSensor και BooleanFilter).

Προκειμένου να ανακτώνται αποτελεσματικά οι γεωμετρίες που περιέχονται, στον ελάχιστο απαιτούμενο χρόνο, όλα τα στοιχεία γεωμετρίας καταχωρούνται σαν ευρετήριο μέσα στην περιγραφή μέσω της αντίστοιχης XPath θέσης τους μέσα στην X3D σκηνή δημιουργώντας MPEG-7 ContentCollections για κάθε X3D κόμβο ομαδοποίησης. Κάθε ContentCollection που δημιουργείται για ένα κόμβο ομαδοποίησης περιέχει τις XPath τοποθεσίες για όλους τους κόμβους «παιδιά» (children nodes) οι οποίοι περιέχουν οποιοδήποτε κόμβο τύπου Shape.

Με παρόμοιο τρόπο, δημιουργούνται MPEG-7 ContentCollections ως ευρετήριο των διαθέσιμων υφών που σχετίζονται με την εμφάνιση κάθε X3D σχήματος. Τα MPEG-7 Collection descriptions περιέχουν όλες τις διαθέσιμες υφές ενός συγκεκριμένου σχήματος παρέχοντας ένα MediaLocator descriptor με κάθε αντίστοιχο URL της υφής ή το όνομα του αντίστοιχου αρχείου της (filename) που εξάγεται από τον κόμβο X3D Appearance. Τα MPEG-7 ContentCollections εξυπηρετούν στη γρήγορη αναζήτηση και ανάκτηση του X3D περιεχομένου και παρέχουν παραμετροποιημένα ερωτήματα ανάκτησης 3D περιεχομένου. Για παράδειγμα, μόλις επιλέξει ο τελικός χρήστης ένα συγκεκριμένο σχήμα, οι κατάλληλες υφές μπορούν να βρεθούν και ανακτηθούν μέσω του MPEG-7 Collection descriptor που περιέχει το set των διαθέσιμων υφών που συσχετίζονται με το σχήμα αυτό.





Εικόνα 17 Δύο πόρτες οι οποίες ενεργοποιούνται από διαφορετικά πεδία μέσω ενός κόμβου TouchSensor

<pre> <X3D profile='Interactive' version='3.1' ...> <Scene> <Transform> <Shape> <Appearance> <Material diffuseColor='.6 .2 0' shininess='0'/> <ImageTexture url=""brick_3.jpg" "http://.../brick_3.jpg"/> </Appearance> <IndexedFaceSet DEF='Wall' coordIndex='0 1 2 3 - 1 0 3 8 ... 10 -1'> <Coordinate point='-2 3 0 -2 0 0 ...2 3 -1'/> </IndexedFaceSet> </Shape> </Transform> <Transform DEF='DoorLeftTransform' center='-1.5 0 0' translation='-1 1.125 -.05'> <Group DEF='Door'> <Shape DEF='DoorShape'> <Appearance DEF='DoorApp'> <Material DEF='DoorMat' diffuseColor='0 .7 0'/> <ImageTexture DEF='DoorImage' url=""door_1.jpg" "http://.../textures/urban/door_1.jpg"/> </Appearance> <IndexedFaceSet DEF='DoorGeometry' coordIndex='0 1 2 ... 6 4 -1'> <Coordinate point='-1.5 -1.125 ... 1.125 -.05'/> <TextureCoordinate point='0 0 195 .95 .95'/> </IndexedFaceSet> </Shape> </Group> <OrientationInterpolator DEF='MoverLeft' key='0 1' keyValue='0 1.5 0 0 1 0 -1'/> </pre>	<pre> <Mpeg7 xmlns="urn:mpeg:mpeg7:schema:2001"> ... <DescriptionMetadata> ... <Profile3D>Interactive</Profile3D> </DescriptionMetadata> ... <Collection xsi:type="DescriptorCollectionType" id="Geometries"> <DescriptorCollection name="Transform_1"> <Descriptor xsi:type="BoundingBox3DType"> <BoundingBox3DSize BoxWidth="-1" BoxHeight="- 1" BoxDepth="-1"/> <BoundingBox3DCenter BoxCenterW="0" BoxCenterH="0" BoxCenterD="0"/> </Descriptor> <Descriptor xsi:type="Geometry3DType"> <Geometry3D ObjectType="IndexedFaceSet" DEF="Wall" convex="true" creaseAngle="0"/> </Descriptor> </DescriptorCollection> <DescriptorCollection name=" DoorLeftTransform"> <Descriptor xsi:type="BoundingBox3DType"> <BoundingBox3DSize BoxWidth="-1" BoxHeight="- 1" BoxDepth="-1"/> <BoundingBox3DCenter BoxCenterW="0" BoxCenterH="0" BoxCenterD="0"/> </Descriptor> <Descriptor xsi:type="Geometry3DType"> <Geometry3D ObjectType="IndexedFaceSet" DEF="DoorGeometry" convex="true" creaseAngle="0"/> </Descriptor> </DescriptorCollection> <DescriptorCollection id="Geometry_N10112" name="Geometry_DoorRight"> ... </pre>
---	---

<pre> <TimeSensor DEF='TimerLeft' cycleInterval='3' enabled='true' loop='false' startTime='0'/> <TimeTrigger DEF='TriggerLeft'/> <BooleanFilter DEF='FilterLeft'/> <TouchSensor DEF='TouchLeft' enabled='true'/> <ROUTE fromField='isActive' fromNode='TouchLeft' toField='set_boolean' toNode='FilterLeft'/> <ROUTE fromField='inputTrue' fromNode='FilterLeft' toField='set_boolean' toNode='TriggerLeft'/> ... </Transform> <Transform DEF='DoorRight' center='- .5 0 0' translation='1 1.125 -.05'/> <Group USE='Door'/> <OrientationInterpolator DEF='MoverRight' key='0 1' keyValue='0 1 0 0 1 0 -1'/> <TimeSensor DEF='TimerRight' cycleInterval='3' enabled='true' loop='false' startTime='0'/> <TouchSensor DEF='TouchRight' enabled='true'/> <ROUTE fromField='touchTime' fromNode='TouchRight' toField='startTime' toNode='TimerRight'/> ... </Transform> </Scene> </X3D> </pre>	<pre> </DescriptionCollection> </Collection> ... <DescriptorCollection name="Interaction_DoorLeft"> <Descriptor xsi:type="MotionTrajectoryType" motionType="OrientationInterpolator"> <CoordDef units="meter"/> ... <MediaRelIncrTimePoint>0</MediaRelIncrTimePoint> <MediaRelIncrTimePoint>1</MediaRelIncrTimePoint> ... <KeyValue>0</KeyValue> <KeyValue>1.5</KeyValue> ... </Descriptor> <Descriptor xsi:type="Interactivity3DType"> <TriggerSource>UserDefined</TriggerSource> <Route fromNode="TouchLeft" fromNodeType="TouchSensor" toNode="FilterLeft" toNodeType="BooleanFilter"> /X3D/Scene/Transform[2]/ROUTE[1] </Route> </Descriptor> ... </Description> </Mpeg7> </pre>
---	--

Παράδειγμα 7 Μία περιεκτική X3D σκηνή και η αντίστοιχη MPEG-7 σημασιολογική περιγραφή



6

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ

6.1. Απαραίτητες Προγραμματιστικές Έννοιες

6.1.1.XML

Το υλικό σε αυτή την ενότητα βασίζεται στην προδιαγραφή XML [37]. Δεν πρόκειται για ένα εξαντλητικό κατάλογο όλων των κατασκευαστών που εμφανίζονται στην γλώσσα XML, αλλά παρέχει μια εισαγωγή στις βασικές κατασκευές που συναντώνται συχνότερα στην χρήση.

- **(Unicode) Character:** Εξ ορισμού, ένα έγγραφο XML είναι μια συμβολοσειρά χαρακτήρων. Σχεδόν κάθε νόμιμος χαρακτήρας Unicode μπορεί να εμφανιστεί σε ένα έγγραφο XML.
- **Processor and Application:** Λογισμικό που επεξεργάζεται ένα έγγραφο XML. Θεωρείται ότι ένας επεξεργαστής λειτουργεί ως υπηρεσία κάποιας εφαρμογής. Υπάρχουν ορισμένες πολύ ειδικές απαιτήσεις σχετικά με το τι επιτρέπεται να κάνει ένας επεξεργαστής XML, αλλά καμία ως προς τη συμπεριφορά της εφαρμογής. Ο επεξεργαστής αναφέρεται συχνά στην καθομιλουμένη ως ένας *parser*.
- **Markup and Content:** Οι χαρακτήρες που συνθέτουν ένα έγγραφο XML διαιρούνται σε χαρακτήρες *σήμανσης* και χαρακτήρες *περιεχομένου*. Οι χαρακτήρες αυτοί μπορούν να διακριθούν από την εφαρμογή απλών συντακτικών κανόνων.



- **Tag:** Μια markup κατασκευή που ξεκινά με "<" και τελειώνει με ">". Οι ετικέτες (tags) διακρίνονται σε τρεις τύπους: *start-tags* , για παράδειγμα <section> , *end-tags* , για παράδειγμα </section> , και *empty-element tags* , για παράδειγμα <line-break/>.
- **Element:** Μια λογική συνιστώσα ενός εγγράφου το οποίο αρχίζει είτε με start-tag και τελειώνει με μια ανάλογη end-tag, ή αποτελείται μόνο από ένα empty-element tag. Οι χαρακτηριστές μεταξύ των start- και end-tags, εάν υπάρχουν, είναι το *περιεχόμενο* του στοιχείου, και μπορεί να περιέχουν markup, συμπεριλαμβανομένων και των άλλων στοιχείων, τα οποία ονομάζονται *child elements*. Ένα παράδειγμα είναι ένα στοιχείο <Greeting> Hello world.</Greeting>. Άλλο είναι το <line-break/>
- **Attribute:** Μια markup κατασκευή αποτελείται από ένα όνομα / ζεύγος αξιών που υπάρχει μέσα σε ένα start-tag ή empty-tag στοιχείο. Στο ακόλουθο παράδειγμα το στοιχείο *img* έχει δύο ιδιότητες (attributes), *src* και *alt*: . Ένα άλλο παράδειγμα θα ήταν <step number="3">Connect A to B.</step> όπου το όνομα του χαρακτηριστικού είναι "αριθμός" και η τιμή είναι "3"
- **XML Declaration:** Τα XML έγγραφα μπορούν να ξεκινούν ορίζοντας συγκεκριμένες πληροφορίες για τον εαυτό τους, όπως στο ακόλουθο παράδειγμα.

```
<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8" ?> <? xml version = "1.0" encoding = "utf-8"?>
```

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Εδώ παρουσιάζεται ένα μικρό, πλήρες έγγραφο XML, το οποίο χρησιμοποιεί όλες τις δομές και τις έννοιες που περιγράφηκαν.

```
<?xml version="1.0" encoding='UTF-8'?>
<painting>
  
  <caption>This is Raphael's "Foligno" Madonna, painted in
  <date>1511</date>-<date>1512</date>.</caption>
</painting>
```

Σχήμα 11 Δομικό παράδειγμα εγγράφου XML.



Οι υπάρχουσες API για την επεξεργασία XML τείνουν να εμπίπτουν σε αυτές τις κατηγορίες:

- Stream προσανατολισμένες API προσβάσιμες από μια γλώσσα προγραμματισμού, για παράδειγμα **SAX** και **Stax**.
- Tree-traversal API προσβάσιμες από μια γλώσσα προγραμματισμού, για παράδειγμα **DOM**.
- XML data binding, το οποίο προβλέπει την αυτόματη μετάφραση ανάμεσα σε ένα έγγραφο XML και μία αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού.
- Δηλωτικές γλώσσες μετασχηματισμού όπως τις XSLT και XQuery.

6.1.2.XSLT

Η **XSLT (XSL Transformations)** [38] είναι μία δηλωτική γλώσσα βασισμένη στο πρότυπο XML που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή εγγράφων XML σε άλλα έγγραφα τύπου XML. Το πρότυπο έγγραφο εισόδου δεν μετασχηματίζεται· αντιθέτως, δημιουργείται ένα νέο έγγραφο βασισμένο στα δεδομένα του υπάρχοντος εγγράφου. Η σύνταξη του παραγόμενου εγγράφου μπορεί να δομείται σε XML ή ακόμα και σε άλλη μορφή όπως HTML ή απλό κείμενο. Η XSLT χρησιμοποιείται συχνά για τη μετατροπή δεδομένων τύπου XML σε HTML ή XHTML για την προβολή εγγράφων ως ιστοσελίδες: η μετατροπή μπορεί να συμβεί είτε δυναμικά στην πλευρά του πελάτη ή του διακομιστή, ή μπορεί να γίνει στο πλαίσιο της εκδοτικής διαδικασίας. Χρησιμοποιείται επίσης για τη δημιουργία εξόδου προς εκτυπωτές ή συσκευές video, μετασχηματίζοντας συνήθως το αρχικό XML σε XSL Formatting Objects ώστε να δημιουργήσει τη μορφοποιημένη έξοδο η οποία μπορεί στη συνέχεια να μετατραπεί σε διάφορες μορφές, μερικές από τις οποίες είναι PDF, PostScript, AWT και PNG. Η γλώσσα XSLT χρησιμοποιείται επίσης για να μεταφράσει μηνύματα τύπου XML μεταξύ διαφορετικών XML Schemas, ή να μετασχηματίσει έγγραφα που εμπίπτουν στο ίδιο Schema, για παράδειγμα, αφαιρώντας τμήματα του μηνύματος που δεν χρειάζονται.

Η XSLT έχει αναπτυχθεί από το World Wide Web Consortium (W3C). Η πιο πρόσφατη έκδοση είναι η XSLT 2.0 η οποία συστάθηκε από τον οργανισμό W3C στις 23 Ιανουαρίου 2007. Από το 2008, ωστόσο, η έκδοση XSLT 1.0 εξακολουθεί να είναι πιο διαδεδομένη και να εφαρμόζεται ευρέως.

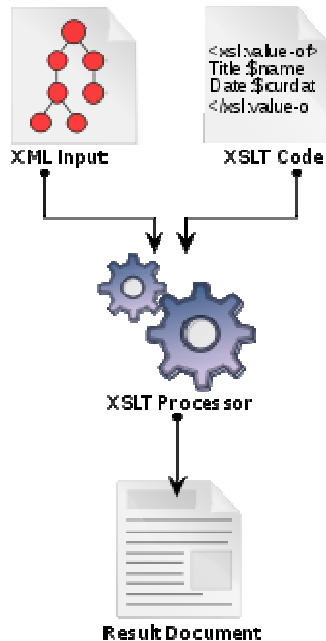
Το μοντέλο επεξεργασίας του XSLT περιλαμβάνει:

- ένα ή περισσότερα έγγραφα πηγής XML (input files)
- μία ή περισσότερες ενότητες XSLT *stylesheet*
- τον επεξεργαστή προτύπων XSLT, και



- ένα ή περισσότερα έγγραφα με τα παραγόμενα αποτελέσματα (output files).

Ο επεξεργαστής XSLT παίρνει συνήθως δύο έγγραφα εισόδου: ένα έγγραφο πηγής τύπου XML, και ένα XSLT, και παράγει ένα έγγραφο εξόδου. Η XSLT stylesheet περιέχει μια συλλογή κανόνων προτύπου οι οποίες είναι οι οδηγίες που καθοδηγούν την επεξεργασία του XML εγγράφου για την παραγωγή του εγγράφου εξόδου.



Εικόνα 18 Διάγραμμα των βασικών στοιχείων και της ροής της διαδικασίας του XSLT.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ XSLT

Δείγμα του εισερχόμενου εγγράφου XML

```
<?xml version="1.0" ?>
<persons>
  <person username="JS1">
    <name>John</name>
    <family-name>Smith</family-name>
  </person>
  <person username="MI1">
    <name>Morka</name>
    <family-name>Ismincius</family-name>
  </person>
</persons>
```

Σχήμα 12 Δείγμα εισερχόμενου εγγράφου XML.



Παράδειγμα 1 (μετατροπής XML)

Αυτό το XSLT stylesheet ορίζει τα πρότυπα για να μετατρέψει το έγγραφο XML:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsl:stylesheet xmlns:xsl=http://www.w3.org/1999/XSL/Transform version="1.0">
<xsl:output method="xml" indent="yes"/>

<xsl:template match="/persons">
<root>
<xsl:apply-templates select="person"/>
</root>
</xsl:template>

<xsl:template match="person">
<name username="{@username}">
<xsl:value-of select="name" />
</name>
</xsl:template>

</xsl:stylesheet>
```

Σχήμα 13 XSLT έγγραφο μετασχηματισμού XML αρχείου.

Αποτελέσματα της αξιολόγησής του περιέχονται σε ένα νέο έγγραφο XML, με άλλη δομή:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<root>
  <name username="JS1">John</name>
  <name username="MI1">Morka</name>
</root>
```

Σχήμα 14 Παραγόμενο XML έγγραφο μετά τον μετασχηματισμό XSLT.

6.1.3. XPath

Η γλώσσα XSLT εξαρτάται από τη γλώσσα XPath, που ορίζεται από τον οργανισμό W3C (World Wide Web Consortium), για τον εντοπισμό υποσυνόλων του δέντρου του εγγράφου προέλευσης καθώς και για την εκτέλεση υπολογισμών στο δέντρο αυτό. Για το σκοπό αυτό το έγγραφο XML είναι διαμορφωμένο ως ένα δέντρο κόμβων. Η XPath επιτρέπει στους κόμβους να επιλέγονται μέσω μιας ιεραρχικής διαδρομής πλοήγησης μέσα από το δεντροδιάγραμμα του εγγράφου. Η γλώσσα XPath παρέχει επίσης μια σειρά από λειτουργίες, οι οποίες αυξάνουν τη λειτουργικότητα της XSLT, προσθέτοντας μια μεγάλη δύναμη και ευελιξία.



Η XPath (XML Path Language) είναι μία γλώσσα ερωτημάτων για την επιλογή κόμβων από ένα έγγραφο XML. Επιπλέον, η XPath μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των τιμών (π.χ., Strings, αριθμούς, ή Boolean τιμές) από το περιεχόμενο ενός εγγράφου XML

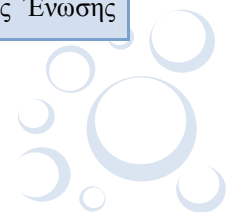
Υπάρχουν δύο εκδόσεις σε χρήση:

- **XPath 1.0** συστάθηκε στις 16 Νοεμβρίου 1999 και χρησιμοποιείται και εφαρμόζεται ευρέως, είτε αυτόνομα (καλώντας την μέσω του API της που παρέχεται στις γλώσσες προγραμματισμού, όπως Java, C # ή JavaScript), είτε ενσωματωμένα μέσα σε γλώσσες όπως την XSLT ή XForms.
- **XPath 2.0** [39] που είναι και η τρέχουσα έκδοση της γλώσσας. Συστάθηκε στις 23 Ιανουαρίου 2007. Οι προδιαγραφές της γλώσσας XPath 2.0 είναι πολύ μεγαλύτερες από της XPath 1.0 ενώ υπάρχουν αλλαγές και σε ορισμένες από τις θεμελιώδεις έννοιες της γλώσσας, όπως είναι ο τύπος συστήματος (type system).

Η XPath 2.0 χρησιμοποιείται ως υπογλώσσα της XSLT 2.0, και αποτελεί επίσης ένα υποσύνολο των λειτουργιών της XQuery 1.0. Οι τρεις αυτές γλώσσες μοιράζονται το ίδιο μοντέλο δεδομένων (data model), τύπο συστήματος (system type) και βιβλιοθήκη μεθόδων (function library) και αναπτύχθηκαν και δημοσιεύθηκαν από κοινού την ίδια μέρα.

Οι διαθέσιμοι τελεστές στο XPath 2.0 περιλαμβάνουν τα εξής:

Τελεστές	Επίδραση
+, -, *, div, mod, idiv	Arithmetic on numbers, dates, and durations
=, !=, <, >, <=, >=, != =, <,>, <=,>=	General comparison: compare arbitrary sequences. Το αποτέλεσμα είναι αληθές εάν οποιοδήποτε από τα δύο σημεία, ένα από κάθε ακολουθία, ικανοποιεί τη σύγκριση
eq, ne, lt, gt, le, ge	Value comparison: compare single items (σύγκριση μεμονωμένων αντικειμένων)
is	Compare node identity: αληθές, αν οι δυο τελεστές είναι ο ίδιος κόμβος
<<, >>	Compare node position, based on document order Συγκρίνει τη θέση του κόμβου με βάση τη διάταξη του εγγράφου
union, intersect, except	Compare sequences of nodes, treating them as sets, returning the set union, intersection, or difference Συγκρίνει τις ακολουθίες των κόμβων, αντιμετωπίζοντας τις ως σύνολα, επιστρέφοντας το σύνολο της Ένωσης



	(Union), διασταύρωσης (Intesection), διαφορά (difference)
and, or	boolean συνδυασμός και απόκλιση. Η άρνηση επιτυγχάνεται με τη συνάρτηση not().
to	ορίζει ένα φάσμα ακεραίων, για παράδειγμα: 1 to 10
instance of	καθορίζει αν μια τιμή είναι μία περίπτωση (instance) για κάποιον συγκεκριμένο τύπο
cast as	μετατρέπει μια τιμή σε ένα συγκεκριμένο τύπο
castable as	δοκιμάζει κατά πόσο μια τιμή είναι μετατρέψιμη σε συγκεκριμένο τύπο

Πίνακας 2 Τελεστές του XPATH 2.0

Υποθετικές εκφράσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη σύνταξη, «if (A) then B else C»

Η XPath 2.0 προσφέρει επίσης την έκφραση for , η οποία ανήκει σε ένα υποσύνολο των FLWOR εκφράσεων της XQuery.

BIBΛΙΟΘΗΚΗ ΜΕΘΟΔΩΝ

Η βιβλιοθήκη μεθόδων της XPath 2.0 έχει επεκταθεί σε μεγάλο βαθμό από τη βιβλιοθήκη λειτουργιών της XPath 1.0.

Οι διαθέσιμες λειτουργίες περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

Σκοπός	Παραδείγματα μεθόδων
General string handling	lower-case, upper-case, substring, substring-before, substring-after, translate, starts-with, ends-with, contains, string-length, concat, normalize-space, normalize-unicode
Regular expressions	matches, replace, tokenize
Arithmetic	count, sum, avg, min, max, round, floor, ceiling, abs
Dates and times	adjust-dateTime-to-timezone, current-dateTime, day-from-dateTime, month-from-dateTime, days-from-duration, months-from-duration, etc.
Properties of nodes	name, node-name, local-name, namespace-uri, base-uri, nilled
Document handling	doc, doc-available, document-uri, collection, id, idref



URIs	encode-for-uri, escape-html-uri, iri-to-uri, resolve-uri
QNames	QName, namespace-uri-from-QName, prefix-from-QName, resolve-QName
Sequences	insert-before, remove, subsequence, index-of, distinct-values, reverse, unordered, empty, exists
Type checking	one-or-more, exactly-one, zero-or-one

Πίνακας 3 Λειτουργίες του XPATH 2.0

ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΙΣΩ

Λόγω των αλλαγών στο μοντέλο δεδομένων και το σύστημα τύπων, δεν έχουν όλες οι εκφράσεις XPath 2.0 ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα με την XPath 1.0. Η κύρια διαφορά είναι ότι το XPath 1.0 ήταν πιο χαλαρό στη μετατροπή τύπων, για παράδειγμα, η σύγκριση δύο strings ("4" > "4.0") ήταν αρκετά πιθανή, αλλά θα έκανε την αριθμητική σύγκριση. Στην XPath 2.0 αυτό ορίζεται για να συγκρίνει τις δύο τιμές ως strings με ένα καθορισμένο πλαίσιο συγκεντρωμένων ακολουθιών.

Για να διευκολυνθεί η μετάβαση το XPath 2.0 ορίζει έναν τρόπο εκτέλεσης κατά την οποία η σημασιολογία του τροποποιείται ώστε να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερη προς τη συμπεριφορά του XPath 1.0. Όταν χρησιμοποιείται στο XSLT 2.0, ο τρόπος εκτέλεσης συμβατότητας ενεργοποιείται από τη version="1.0" ως ένα attribute για το xsl:stylesheet element. Αυτό εξακολουθεί να μην προσφέρει 100% συμβατότητα, αλλά τυχόν λοιπές διαφορές σημειώνονται συνήθως μόνο σε ασυνήθεις περιπτώσεις.

6.2. Λεπτομέρειες και Αλγόριθμοι Υλοποίησης

Στην ενότητα αυτή αναλύεται η λειτουργία κάθε αλγόριθμου που συμμετέχει στην εξαγωγή της MPEG-7 περιγραφής από X3D σκηνές. Για την παροχή αυτοματοποιημένης εξαγωγής της περιγραφής, οι αλγόριθμοι αυτοί κατασκευάστηκαν με τη γλώσσα XSLT. Λόγω μεγέθους, από το κύριο έγγραφο XSLT μετατροπής XML δεδομένων έχουν απομονωθεί παρακάτω οι βασικοί και ουσιώδεις αλγόριθμοι και παρουσιάζονται σχηματικά. Κάθε αλγόριθμος αναλύεται και παρουσιάζεται ξεχωριστά ώστε είναι ευνόητο το περιεχόμενο που αναλύεται.

- Αρχικοποίηση του κύριου **xsl:template** το οποίο καθορίζει τις υπόλοιπες μεθόδους. Το template αυτό αφού πρώτα ορίσει το MPEG-7 έγγραφο βάσει των απαιτήσεων του MPEG-7 XSD Schema, καλεί τα υπόλοιπα templates (Declare_All_Transforms,



Texture_Descriptions, Geometry_Descriptions, Interaction_Descriptions και Relationships), καθένα από τα οποία αναλαμβάνει μία συγκεκριμένη λειτουργία. Η υλοποίηση χωρίστηκε σε επιμέρους templates για την καλύτερη δόμηση και ευκρίνεια στα επιμέρους τμήματα αλγορίθμων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της περιγραφής.

```
<xsl:template match="">
  <xsl:element name="Mpeg7" xmlns:xm1="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
    xmlns="urn:mpeg:mpeg7:schema:2001" xmlns:mpeg7="urn:mpeg:mpeg7:schema:2001"
    xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xsi:schemaLocation="urn:mpeg:mpeg7:schema:2001 Mpeg7-2001.xsd">
    <xsl:call-template name="Initialize_Metadata"/>
    <xsl:element name="Description">
      <xsl:attribute name="xsi:type">
        <xsl:text>ContentEntityType</xsl:text>
      </xsl:attribute>
      <xsl:element name="MultimediaContent">
        <xsl:attribute name="xsi:type">
          <xsl:text>MultimediaCollectionType</xsl:text>
        </xsl:attribute>
        <xsl:element name="StructuredCollection">
          <xsl:call-template name="Declare_All_Transforms"/>
          <xsl:call-template name="Texture_Descriptions"/>
          <xsl:call-template name="Geometry_Descriptions"/>
          <xsl:call-template name="Interaction_Descriptions"/>
          <xsl:call-template name="Relationships"/>
        </xsl:element>
      </xsl:element>
    </xsl:element>
  </xsl:element>
</xsl:template>
```

Σχήμα 15 XSL Template αρχικοποίησης

- Αρχικοποίηση του **xsl:template** το οποίο καθορίζει το XML περιγραφής του κόμβου DescriptionMetadata. Το τμήμα αυτό αναλαμβάνει να ορίσει τις metadata πληροφορίες που απαιτούνται για την πλήρη και τεκμηριωμένη περιγραφή των X3D σκηνών, ορίζοντας τον τύπο **profile** που χρησιμοποιείται (xsl:call-template name="ProfileType"), την X3D έκδοση (xsl:call-template name="version"), τα **ιδιωτικά αναγνωριστικά** (xsl:call-template name="doc_identifiers") και το **είδος Script** που περιέχεται στη σκηνή (xsl:call-template name="ScriptType"). Επίσης, εξάγεται το **όνομα** και η **θέση** όπου είναι αποθηκευμένο το X3D αρχείο που περιγράφεται.



```
<xsl:template name="Initialize_Metadata">
  <xsl:element name="Description">
    <xsl:attribute name="xsi:type">
      <xsl:text>ContentEntityType</xsl:text>
    </xsl:attribute>
    <xsl:element name="DescriptionMetadata">
      <xsl:call-template name="version"/>
      <xsl:call-template name="doc_identifiers"/>
      <xsl:call-template name="ProfileType"/>
      <xsl:call-template name="ScriptType"/>
    </xsl:element>
    <xsl:element name="MultimediaContent">
      <xsl:attribute name="xsi:type">
        <xsl:text>MultimediaType</xsl:text>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="id">
        <xsl:value-of select="str:tokenize($filename, '/') [last()]" />
      </xsl:attribute>
      <xsl:element name="Multimedia">
        <xsl:element name="MediaLocator">
          <xsl:element name="MediaUri">
            <xsl:value-of select="substring-after($filename, '/')" />
          </xsl:element>
        </xsl:element>
      </xsl:element>
    </xsl:element>
  </xsl:element>
</xsl:template>
```

Σχήμα 16 XSL Template για το DescriptionMetadata

- Τα δύο **xsl:template** τα οποία εξάγουν τις πληροφορίες για τα **Profile3D** και **Script3D** descriptors. Για το Profile3D εξάγεται η αντίστοιχη τιμή του profile attribute του X3D root node. Για το Script3D ελέγχεται για τον κόμβο Script του X3D (εφόσον υπάρχει) αν περιέχει κάποιο url attribute το οποίο δεν είναι κενό. Εφόσον υπάρχει url, αναθέτει τον τύπο του Script με βάση την κατάληξη του αρχείου αυτού (Java για .class και Jscript για .js κατάληξη) μέσα σε ένα element με ένδειξη “**externalScript**”. Εάν δεν υπάρχει url ενώ υπάρχει εσωτερικός κόμβος Script, τότε θεωρούνται εσωτερικές οι μέθοδοι script, ορίζοντας αντίστοιχα ένα element με ένδειξη “**internalScript**” και τύπο script την γλώσσα Javascript.



```
<xsl:template name="ProfileType">
  <xsl:if test="/X3D/@profile != "">
    <xsl:element name="Profile3D">
      <xsl:value-of select="/X3D/@profile"/>
    </xsl:element>
  </xsl:if>
</xsl:template>

<xsl:template name="ScriptType">
  <xsl:if test="//Script">
    <xsl:element name="Script3D">
      <xsl:variable name="url" select="X3D/Scene//Script/@url"/>
      <xsl:choose>
        <xsl:when test="contains($url, '.class')">
          <xsl:element name="externalScript">
            <xsl:text>Java</xsl:text>
          </xsl:element>
        </xsl:when>
        <xsl:when test="contains($url, '.js')">
          <xsl:element name="externalScript">
            <xsl:text>JScript</xsl:text>
          </xsl:element>
        </xsl:when>
        <xsl:otherwise>
          <xsl:element name="internalScript">
            <xsl:text>JavaScript</xsl:text>
          </xsl:element>
        </xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
    </xsl:element>
  </xsl:if>
</xsl:template>
```

Σχήμα 17 XSL Template για τα Profile3D και Script3D descriptors

- Εξαγωγή όλων των set τα οποία ομαδοποιούν σχήματα και γεωμετρίες μέσα στη σκηνή, παρέχοντας την **XPATH** τοποθεσία τους από τον XML γράφο. Στον αλγόριθμο που απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα, ανιχνεύονται οι κόμβοι ομαδοποίησης σχημάτων και γεωμετρικών απεικονίσεων (Σχήμα 18), οι οποίοι ομαδοποιούνται σε «Συλλογές περιεχομένου» (**Content Collections**) και περιλαμβάνουν όλες τις **XPATH** τοποθεσίες των εσωτερικών κόμβων ομαδοποίησης (Σχήμα 19) και των εσωτερικών σχημάτων που δεν είναι όμως σε κάποια ομάδα (Σχήμα 20) για την ταχύτερη ανάκτηση του X3D περιεχομένου απεικόνισης.



```

<xsl:template name="Declare_All_Transforms">
  <xsl:if test="//Shape | //Transform | //Group">
    <xsl:element name="Collection">
      <xsl:attribute name="xsi:type">
        <xsl:text>ContentCollectionType</xsl:text>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="id">
        <xsl:text>Transformations</xsl:text>
      </xsl:attribute>
      <xsl:for-each select="/X3D/Scene/*[(self::Transform) or (self::Group) or (self::Anchor) or
(self::Collision) or (self::Billboard) or (self::LOD) or (self::Switch)] |
/X3D/Scene/ProtoDeclare/ProtoBody/*[(self::Transform) or (self::Group) or (self::Anchor) or (self::Collision) or
(self::Billboard) or (self::LOD) or (self::Switch)]">
        <xsl:element name="ContentCollection">
          ...
          <xsl:element name="Multimedia">
            <xsl:element name="MediaLocator">
              <xsl:element name="MediaUri">
                <xsl:text>/X3D/Scene</xsl:text>
                <xsl:for-each select="ancestor-or-self::*">
                  <xsl:if test="name() = 'Transform'">
                    <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-
sibling::Transform),']")"/>
                  </xsl:if>
                  <xsl:if test="name() = 'Group'">
                    <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-
sibling::Group),']")"/>
                  </xsl:if>
                  <xsl:if test="name() = 'Anchor'">
                    <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-
sibling::Anchor),']")"/>
                  </xsl:if>
                  <xsl:if test="name() = 'Collision'">
                    <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-
sibling::Collision),']")"/>
                  </xsl:if>
                  <xsl:if test="name() = 'Billboard'">
                    <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-
sibling::Billboard),']")"/>
                  </xsl:if>
                  <xsl:if test="name() = 'LOD'">
                    <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-
sibling::LOD),']")"/>
                  </xsl:if>
                  <xsl:if test="name() = 'Switch'">
                    <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-
sibling::Switch),']")"/>
                  </xsl:if>
                </xsl:for-each>
              </xsl:element>
            </xsl:element>
          </xsl:element>
        </xsl:element>
      </xsl:call-template name="Contents"/>
    </xsl:element>
  </xsl:if>
  ...

```

Σχήμα 18 XSL Εξαγωγής τοποθεσίας XPath των κόμβων ομαδοποίησης της X3D σκηνής



```

<xsl:template name="Contents">
  <xsl:for-each select="//Transform | //Group | //Anchor | //Collision | //Billboard | //LOD | //Switch">
    <xsl:element name="Content">
      <xsl:attribute name="xsi:type">
        <xsl:text>MultimediaType</xsl:text>
      ...
    <xsl:element name="Multimedia">
      <xsl:element name="MediaLocator">
        <xsl:element name="MediaUri">
          <xsl:text>/X3D/Scene</xsl:text>
          <xsl:for-each select="ancestor-or-self::*">
            <xsl:if test="name() = 'Transform'">
              <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-sibling::Transform),']')"/>
            </xsl:if>
            <xsl:if test="name() = 'Group'">
              <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-sibling::Group),']')"/>
            </xsl:if>
            ...
          ...
        ...
      ...
    ...
  ...

```

Σχήμα 19 XSL Εξαγωγής τοποθεσίας XPATH των εμφωλευμένων κόμβων ομαδοποίησης της X3D σκηνής

```

<xsl:for-each select="//Shape[not(parent::Transform)) and (not(parent::Group)) and (not(parent::Anchor)) and
(not(parent::Collision)) and (not(parent::Billboard)) and (not(parent::LOD)) and (not(parent::Switch))]">
  <xsl:element name="ContentCollection">
    <xsl:attribute name="id">
      <xsl:if test="self::Shape">
        <xsl:value-of select="concat('Shapes_',generate-id())"/>
      </xsl:if>
    </xsl:attribute>
    ...
    <xsl:element name="Multimedia">
      <xsl:element name="MediaLocator">
        <xsl:element name="MediaUri">
          <xsl:text>/X3D/Scene</xsl:text>
          <xsl:for-each select="ancestor-or-self::*">
            <xsl:variable name="curNode" select="name(.)"/>
            <xsl:if test="name() = 'Shape'">
              <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(/preceding-sibling::Shape),']')"/>
            </xsl:if>
            <xsl:if test="(name() != 'Shape') and (name() != 'X3D') and (name() != 'Scene')">
              <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(/preceding-sibling::*[name() =
ScurNode]),']')"/>
            </xsl:if>
          </xsl:for-each>
        </xsl:element>
      </xsl:element>
    </xsl:element>
  ...

```

Σχήμα 20 XSL Εξαγωγής τοποθεσίας XPATH των παρεχόμενων σχημάτων της X3D σκηνής



- Αλγόριθμος XSLT εξαγωγής περιγραφής του BoundingBox3D Descriptor για κόμβους ομαδοποίησης διαφόρων γεωμετρικών σχημάτων. Για κάθε κόμβο ομαδοποίησης σχημάτων X3D και εφόσον υπάρχουν τα **bboxSize** και **bboxCenter** attributes, σχηματίζεται ένας **BoundingBox3DType** descriptor με δύο elements, τα **BoundingBox3DSize** και **BoundingBox3DCenter**. Στο BoundingBox3DSize ορίζονται στη συνέχεια τρία attributes, τα BoxWidth, BoxHeight και BoxDepth, στα οποία εκχωρούνται οι τρεις τιμές που ορίζονται στο bboxSize ([**BoxWidth**], [**BoxHeight**], [**BoxDepth**]). Με αντίστοιχο τρόπο ορίζονται στο BoundingBox3DCenter τα BoxCenterW, BoxCenterH, BoxCenterD στα οποία εκχωρούνται και πάλι οι αντίστοιχες τιμές του bboxCenter ([**BoxCenterW**], [**BoxCenterH**], [**BoxCenterD**]).

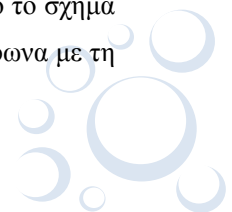
```

<xsl:if test="(attribute::bboxSize) and (attribute::bboxCenter)">
  <xsl:element name="Descriptor">
    <xsl:attribute name="xsi:type">
      <xsl:text>BoundingBox3DType</xsl:text>
    </xsl:attribute>
    <xsl:element name="BoundingBox3DSize">
      <xsl:attribute name="BoxWidth">
        <xsl:value-of select="str:tokenize(attribute::bboxSize, '')[1]"/>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="BoxHeight">
        <xsl:value-of select="str:tokenize(attribute::bboxSize, '')[2]"/>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="BoxDepth">
        <xsl:value-of select="str:tokenize(attribute::bboxSize, '')[3]"/>
      </xsl:attribute>
    </xsl:element>
    <xsl:element name="BoundingBox3DCenter">
      <xsl:attribute name="BoxCenterW">
        <xsl:value-of select="str:tokenize(attribute::bboxCenter, '')[1]"/>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="BoxCenterH">
        <xsl:value-of select="str:tokenize(attribute::bboxCenter, '')[2]"/>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="BoxCenterD">
        <xsl:value-of select="str:tokenize(attribute::bboxCenter, '')[3]"/>
      </xsl:attribute>
    </xsl:element>
  </xsl:element>
</xsl:if>

```

Σχήμα 21 XSL Template για το DescriptionMetadata

- Αλγόριθμος εύρεσης κόμβου γεωμετρίας βάσει του σημείου ορισμού της (DEF/USE) και κλήση του xsl:template το οποίο αναλαμβάνει να εξάγει την περιγραφή του κάθε γεωμετρικού σχήματος. Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος αυτός αναζητά όλους τους κόμβους σχημάτων (**Shape**) και ελέγχει αν ορίζεται η γεωμετρία τους στο ίδιο το σχήμα (**DEF**) ή αν ορίζεται μέσω αναφοράς σε άλλο κόμβο γεωμετρίας (**USE**). Σύμφωνα με τη



θέση της γεωμετρίας αυτής, καλείται με την αντίστοιχη παράμετρο το template εκείνο (Geometry_descriptors) που είναι υπεύθυνο για τη περιγραφή της γεωμετρίας με το **Geometry3DType** Descriptor.

```

<xsl:choose>
  <xsl:when test="(./Group/@USE) or (./Transform/@USE) or (./Anchor/@USE) or
(./Collision/@USE) or (./Billboard/@USE) or (./LOD/@USE) or (./Switch/@USE)">
    <xsl:variable name="DEF" select="(./Transform/@USE) | (./Group/@USE) |
(./Anchor/@USE) | (./Collision/@USE) | (./Billboard/@USE) | (./LOD/@USE) | (./Switch/@USE)" />
    <xsl:for-each select="(X3D/Scene/Transform[@DEF=$DEF]//Shape) |
(X3D/Scene/Group[@DEF=$DEF]//Shape) | (X3D/Scene/Anchor[@DEF=$DEF]//Shape) |
(X3D/Scene/Collision[@DEF=$DEF]//Shape) | (X3D/Scene/Billboard[@DEF=$DEF]//Shape) |
(X3D/Scene/LOD[@DEF=$DEF]//Shape) |(X3D/Scene/Switch[@DEF=$DEF]//Shape)">

      <xsl:call-template name="Geometry_descriptors">
        <xsl:with-param name="path"
          select="(X3D/Scene/Transform[@DEF=$DEF]//Shape) |
(X3D/Scene/Group[@DEF=$DEF]//Shape) | (X3D/Scene/Anchor[@DEF=$DEF]//Shape) |
(X3D/Scene/Collision[@DEF=$DEF]//Shape) | (X3D/Scene/Billboard[@DEF=$DEF]//Shape) |
(X3D/Scene/LOD[@DEF=$DEF]//Shape) |(X3D/Scene/Switch[@DEF=$DEF]//Shape)" />
      </xsl:call-template>
    </xsl:for-each>
  </xsl:when>
  <xsl:otherwise>
    <xsl:for-each select="//Shape">
      <xsl:choose>
        <xsl:when test="@USE">
          <xsl:variable name="sh_DEF" select="@USE" />
          <xsl:call-template name="Geometry_descriptors">
            <xsl:with-param name="path" select="//Shape[$sh_DEF=@DEF]" />
          </xsl:call-template>
        </xsl:when>
        <xsl:otherwise>
          <xsl:call-template name="Geometry_descriptors">
            <xsl:with-param name="path" select="." />
          </xsl:call-template>
        </xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
    </xsl:for-each>
  </xsl:otherwise>
</xsl:choose>

```

Σχήμα 22 Αλγόριθμος εύρεσης τοποθεσίας του κόμβου γεωμετρίας που αναπαριστάται στο X3D

- Αλγόριθμος εύρεσης και εξαγωγής περιγραφής MPEG-7 για τα metadata δεδομένα που ενδέχεται να περιέχονται σε οποιοδήποτε κόμβο (ειδικά σε κόμβους γεωμετρίας) βάσει του **Metadata3D** Descriptor. Στην περίπτωση εκείνη όπου υπάρχει κόμβος **MetadataSet** που περιέχει εμφωλευμένα στοιχεία metadata, ο αλγόριθμος ανάγει στο **value** element της περιγραφής τα εμφωλευμένα στοιχεία metadata όπως ακριβώς ορίζει το **Metadata3DType**.



```

<xsl:if test="contains(name($path/child::*),'Metadata')">
  <xsl:variable name="metaPath" select="$path/child::*"/>
  <xsl:element name="Descriptor">
    <xsl:attribute name="xsi:type">
      <xsl:text>Metadata3DType</xsl:text>
    </xsl:attribute>
    <xsl:if test="$metaPath/attribute::name">
      <xsl:element name="name">
        <xsl:value-of select="$metaPath/attribute::name"/>
      </xsl:element>
    </xsl:if>
    <xsl:element name="type">
      <xsl:value-of select="name($metaPath)"/>
    </xsl:element>
    <xsl:element name="value">
      <xsl:choose>
        <xsl:when test="contains(name($metaPath),'MetadataSet')">
          <xsl:variable name="internalMetaPath" select="$metaPath/child::*"/>
          <xsl:for-each select="$metaPath/*">
            <xsl:if test="./attribute::name">
              <xsl:element name="name">
                <xsl:value-of select="./attribute::name"/>
              </xsl:element>
            </xsl:if>
            <xsl:element name="type">
              <xsl:value-of select="name(.)"/>
            </xsl:element>
            <xsl:element name="value">
              <xsl:choose>
                <xsl:when test="contains(name(.),'MetadataSet')">
                  <xsl:text>Internal MetadataSet</xsl:text>
                </xsl:when>
                <xsl:otherwise>
                  <xsl:value-of select="./attribute::value"/>
                </xsl:otherwise>
              </xsl:choose>
            </xsl:element>
            <xsl:if test="./attribute::reference">
              <xsl:element name="reference">
                <xsl:value-of select="./attribute::reference"/>
              </xsl:element>
            </xsl:if>
          </xsl:for-each>
        </xsl:when>
        <xsl:otherwise>
          <xsl:value-of select="$metaPath/attribute::value"/>
        </xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
    </xsl:element>
    <xsl:if test="$metaPath/attribute::reference">
      <xsl:element name="reference">
        <xsl:value-of select="$metaPath/attribute::reference"/>
      </xsl:element>
    </xsl:if>
  </xsl:element>

```




```
<xsl:element name="Ref">
  <xsl:text>/X3D/Scene</xsl:text>
  <xsl:for-each select="ancestor::*">
    <xsl:if test="name() = 'Transform'">
      <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-sibling::Transform),']')"/>
    </xsl:if>
    <xsl:if test="name() = 'Group'">
      <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-sibling::Group),']')"/>
    </xsl:if>
  </xsl:for-each>
  <xsl:for-each select="descendant-or-self::Shape">
    <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-sibling::Shape),']')"/>
  </xsl:for-each>
</xsl:element>
</xsl:element>
</xsl:if>
```

Σχήμα 23 XSL αλγόριθμος εξαγωγής metadata πληροφορίας στον Metadata3D Descriptor

- Αλγόριθμος εύρεσης και εξαγωγής περιγραφής MPEG-7 για κάθε πρωτόγονο γεωμετρικό χαρακτηριστικό με τη χρήση του Geometry3D Descriptor. Ο αλγόριθμος εξαγωγής του Geometry3D Descriptor εισάγει τη θέση όπου βρίσκεται ο κόμβος γεωμετρίας που βρέθηκε παραπάνω (είτε εξ ορισμού είτε μέσω αναφοράς) και κατασκευάζει τα στοιχεία του descriptor βάσει της θέσεως αυτής. Συγκεκριμένα κατασκευάζονται δύο (2) απαραίτητα attributes περιγραφής πρωτόγονων αντικειμένων, τα **ObjectType** και **DEF**, που καθορίζουν τον τύπο γεωμετρίας και το δοθέν όνομά της αντίστοιχα. Επιπλέον, εάν το αντικείμενο που περιγράφεται είναι περίπλοκο και δεν έχει συγκεκριμένο τύπο (π.χ. IndexedFaceSet), τότε ορίζονται δύο επιπλέον attributes που ολοκληρώνουν τη περιγραφή, τα **convex** και **creaseAngle**, που εξάγουν τη πληροφορία καμπυλότητας του αντικειμένου απευθείας από τα αντίστοιχα attributes του X3D κόμβου γεωμετρίας.



```
<xsl:element name="Geometry3D">
  <xsl:attribute name="ObjectType">
    <xsl:value-of select="name($path/child::*[(not(self::Appearance)) and
(not(contains(name(.),'Metadata')))])" />
  </xsl:attribute>
  <xsl:if test="$path/child::*[not(self::Appearance)]/attribute::DEF">
    <xsl:attribute name="DEF">
      <xsl:value-of select="$path/child::*[not(self::Appearance)]/attribute::DEF" />
    </xsl:attribute>
  </xsl:if>
  <xsl:if test="$path/child::*[not(self::Appearance)]/attribute::convex">
    <xsl:attribute name="convex">
      <xsl:value-of select="$path/child::*[not(self::Appearance)]/attribute::convex" />
    </xsl:attribute>
  </xsl:if>
  <xsl:if test="$path/child::*[not(self::Appearance)]/attribute::creaseAngle">
    <xsl:attribute name="creaseAngle">
      <xsl:value-of select="$path/child::*[not(self::Appearance)]/attribute::creaseAngle" />
    </xsl:attribute>
  </xsl:if>
</xsl:element>
```

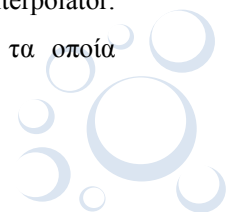
Σχήμα 24 XSL αλγόριθμος εξαγωγής γεωμετρικής πληροφορίας στον Geometry3D Descriptor

- Οι διαθέσιμες υφές των σχημάτων που εξάγονται, περιγράφονται ανακτώντας τα ονόματα των αρχείων τους, με τον ίδιο τρόπο που εξάγεται η XPATH τοποθεσία των σχημάτων (σχήμα 3 πάνω). Η ουσιώδης τεχνική διαφορά στην ανάκτηση είναι η συνθήκη επιλογής του κόμβου που περιέχει τα στοιχεία υφών, που εξάγεται μέσω της XPATH θέσης του X3D XML γράφου:

```
<xsl:for-each select="./Shape/Appearance/*[(not(self::Material)) and (attribute::url)]">
```

Επομένως, για κάθε σχήμα που περιέχει κάποιο **url** υφής μέσα στον κόμβο Appearance και δεν ορίζεται από ένα απλό χρώμα ή άλλο είδος απεικόνισης, ορίζεται η αντίστοιχη περιγραφή υφής του περιλαμβάνοντας το αντίστοιχο(α) όνομα του αρχείου υφής, για παράδειγμα woodenfloor.jpg.

- Αλγόριθμος εξαγωγής κίνησης (animation) μέσω του **MotionTrajectory** Descriptor για τις χρονικές κινήσεις των αντικειμένων στο χώρο. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί μία μικρή **επέκταση** στο descriptor αυτό για να μπορεί να περιγράψει τον τύπο του X3D Interpolator που περιγράφεται μέσω της εισαγωγής ενός νέου attribute, το **motionType**, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στο **KeyTimePoint** element εισάγονται οι τιμές από το **key** attribute του X3D Interpolator, ενώ στα **KeyValue** elements εισάγονται οι τιμές του αντίστοιχου **keyValues** attribute του Interpolator. Τέλος, θα πρέπει να επιλέγεται το **meter** σαν παράμετρος των **units**, τα οποία



καθορίζουν πως θα μετρείται ο χώρος κίνησης, όπου το meter καθορίζει το χώρο ως **τρισδιάστατο** και κατά συνέπεια τις αντίστοιχες τιμές που εμφωλεύει ο MotionTrajectory descriptor.

```

<xsl:for-each select="(./*)">
  <xsl:if test="contains(name(),'Interpolator')">
    <xsl:choose>
      <xsl:when test="@USE">
        <xsl:variable name="Interpolator_DEF" select="@USE"/>
        <xsl:value-of
select="//*[contains(name(),'Interpolator')]/@DEF=$Interpolator_DEF"/>
        <xsl:element name="Descriptor">
          <xsl:attribute name="xsi:type">
            <xsl:text>MotionTrajectoryType</xsl:text>
          </xsl:attribute>
          <xsl:attribute name="motionType">
            <xsl:value-of select="name(.)"/>
          </xsl:attribute>
          <xsl:element name="CoordDef">
            <xsl:attribute name="units">
              <xsl:text>meter</xsl:text>
            </xsl:attribute>
          </xsl:element>
          <xsl:element name="Params">
            <xsl:element name="KeyTimePoint">
              <xsl:for-each select="str:tokenize(@key,')">
                <xsl:element name="MediaRelIncrTimePoint">
                  <xsl:value-of select="number(.)"/>
                </xsl:element>
              </xsl:for-each>
            </xsl:element>
            <xsl:element name="InterpolationFunctions">
              <xsl:for-each select="str:tokenize(@keyValue,')">
                <xsl:element name="KeyValue">
                  <xsl:value-of select="number(.)"/>
                </xsl:element>
              </xsl:for-each>
            </xsl:element>
          </xsl:element>
        </xsl:element>
      </xsl:when>
    </xsl:choose>
  </xsl:if>
</xsl:for-each>

```

Σχήμα 25 XSL αλγόριθμος εξαγωγής πληροφορίας κίνησης στον MotionTrajectory Descriptor

- Αλγόριθμος εξαγωγής διαδραστικότητας μέσω του **Interactivity3D** Descriptor για τις διαδράσεις των αντικειμένων και τα γεγονότα που τις προκαλούν. Αρχικά, ο Interactivity3D Descriptor καθορίζει τον τύπο του γεγονότος που προκαλεί το γεγονός, ορίζοντάς το ως UserTrigger ή InternalTrigger. Εάν το fromNode ενός κόμβου X3D ROUTE αναφέρεται σε ένα κόμβο ο οποίος χρειάζεται την διάδραση μέσω του χρήστη ώστε να κινηθεί (π.χ. TouchSensor), τότε θεωρείται ως **UserTrigger**. Εάν ο κόμβος αυτός ξεκινά την διάδραση μέσω κάποιου κόμβου που βρίσκεται εσωτερικά στο X3D αρχείο και εξαρτάται από άλλους κόμβους ή μεθόδους **Script**, τότε το TriggerSource



θεωρείται ως **InternalTrigger**. Στη συνέχεια ορίζεται το Route element που περιέχει τα στοιχεία σύνδεσης των αντικειμένων βάσει του γεγονότος διάδρασης που περιγράφεται. Το **Route** element αποτελείται από τέσσερα (4) attributes:

- **fromNode**: αντιστοιχεί στο fromNode attribute του X3D ROUTE element
- **fromNodeType**: αντιστοιχεί στον τύπο του κόμβου του fromNode attribute
- **toNode**: αντιστοιχεί στο toNode attribute του X3D ROUTE element
- **toNodeType**: αντιστοιχεί στον τύπο του κόμβου του toNode attribute

Το Route element δέχεται ως τιμή την **XPATH** τοποθεσία του X3D ROUTE element του αρχείου που περιγράφεται για να επιταχύνει τις διαδικασίες αναζήτησης και ανάκτησης των στοιχείων και κόμβων που συμμετέχουν στη διάδραση.

```
<xsl:for-each select="//ROUTE">
  <xsl:variable name="from_node" select="@fromNode"/>
  <xsl:variable name="to_node" select="@toNode"/>
  <xsl:element name="Descriptor">
    <xsl:attribute name="xsi:type">
      <xsl:text>Interactivity3DType</xsl:text>
    </xsl:attribute>
    <xsl:element name="TriggerSource">
      <xsl:choose>
        <xsl:when test="name(/X3D/Scene/descendant::*[@DEF=$from_node])='Script'">
          <xsl:text>InternalTrigger</xsl:text>
        </xsl:when>
        <xsl:otherwise>
          <xsl:text>UserTrigger</xsl:text>
        </xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
    </xsl:element>
    <xsl:element name="Route">
      <xsl:attribute name="fromNode">
        <xsl:value-of select="$from_node"/>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="fromNodeType">
        <xsl:value-of select="name(/X3D/Scene/descendant::*[@DEF=$from_node])"/>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="toNode">
        <xsl:value-of select="$to_node"/>
      </xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="toNodeType">
        <xsl:value-of select="name(/X3D/Scene/descendant::*[@DEF=$to_node])"/>
      </xsl:attribute>
      <xsl:text>/X3D/Scene</xsl:text>
      <xsl:for-each select="ancestor-or-self::*">
        <xsl:if test="name() = 'Transform'">
          <xsl:value-of select="concat('/',name(),'[',1+count(preceding-sibling::Transform),']')"/>
        </xsl:if>
      </xsl:for-each>
    </xsl:element>
  </xsl:element>
  ...

```

Σχήμα 26 XSL αλγόριθμος εξαγωγής διαδραστικότητας αντικειμένων στον Interactivity3D Descriptor



- Ολοκλήρωση και τεκμηρίωση της περιγραφής συνδέοντας τις επιμέρους περιγραφές μεταξύ τους παρέχοντας MPEG-7 περιγραφές των συσχετίσεών τους. Οι συσχετίσεις (Relationships) μεταξύ όλων των περιγραφών που ενσωματώνονται στο έγγραφο περιγραφής MPEG-7 είναι απαραίτητα δομικά στοιχεία για μία ολοκληρωμένη και σωστά τεκμηριωμένη περιγραφή, και επικυρώνεται ορθά κατά το MPEG-7 XSD Schema. Ο αλγόριθμος XSLT που υλοποιεί τη καταγραφή των συσχετίσεων, αναζητά όλους τους κόμβους ομαδοποίησης X3D και τους κατατάσσει αντίστοιχα σε παιδιά και γονείς βάσει της XML ιεραρχίας των γράφων. Το όνομα κάθε γονιού (parent node) ορίζεται ως source attribute ενώ το παιδί (child node) ως target attribute. Κάθε source και target συνδέονται μεταξύ τους μέσω της συσχέτισης που ορίζει το MPEG-7. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση **member** για να συνδέσει τον κόμβο γονιό (**parent node**) με τον κόμβο παιδί (**child node**), όπως ορίζεται στο πρότυπο MPEG-7: Base Relations (όπου B is a member of A).

```
<xsl:template name="Relationships">
  <xsl:element name="Relationships">
    <xsl:for-each select="/X3D/Scene//*[self::Transform) or (self::Group) or (self::Anchor) or (self::Collision)
or (self::Billboard) or (self::LOD) or (self::Switch)] /X3D/Scene/ProtoDeclare/ProtoBody//*[self::Transform) or
(self::Group) or (self::Anchor) or (self::Collision) or (self::Billboard) or (self::LOD) or (self::Switch)]">
      <xsl:if test="(name(..)='Transform') or (name(..)='Group') or (name(..)='Anchor') or
(name(..)='Collision') or (name(..)='Billboard') or (name(..)='LOD') or (name(..)='Switch')">
        <xsl:element name="Relation">
          <xsl:attribute name="type">
            <xsl:text>urn:mpeg:mpeg7:cs:BaseRelationCS:2001:member</xsl:text>
          </xsl:attribute>
          <xsl:attribute name="source">
```

Σχήμα 27 XSL Template για τις συσχετίσεις των επιμέρους περιγραφών (MPEG-7 Relationships)



7

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ GRID

Στη τελική φάση της εφαρμογής, το διαμορφωμένο (adapted) αρχείο X3D αποστέλλεται στο RENDERING ENGINES NODE το οποίο στη προκειμένη περίπτωση θα υλοποιηθεί με τη χρήση CLUSTERS.

Μία συστάδα πολυ-υπολογιστών (multicomputer cluster) είναι μία ομάδα συνδεδεμένων υπολογιστών, που λειτουργούν μαζί στενά έτσι ώστε εικονικά να διαμορφώνουν μία ενιαία υπολογιστική οντότητα. Συνήθως η διασύνδεση είναι μέσω γρήγορων δικτύων τοπικής περιοχής (LAN networks). Ο λόγος δημιουργίας είναι συνήθως για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και διαθεσιμότητας πόρων πέραν τους ενός υπολογιστή, ενώ παράλληλα είναι πιο αποδοτικό σαν σύστημα οικονομικά από τους συγκρίσιμους σε ταχύτητα και διαθεσιμότητα απλούς υπολογιστές.

GRID COMPUTING - ΠΛΕΓΜΑ

Πρόκειται για clusters που εστιάζουν περισσότερο στην ρυθμοαπόδοση (throughput) μεγάλων ανεξάρτητων jobs ή πακέτων jobs από ότι σε μικρά λιγότερο στενά συνδεδεμένων εργασιών. Τα πλέγματα διαχειρίζουν τη κατανομή των εργασιών στους υπολογιστές που θα εκτελέσουν την εργασία ανεξάρτητα από το υπόλοιπο της συστάδας πλέγματος. Οι πόροι διαμοιράζονται σε όλους τους κόμβους του grid cluster ανάλογα με το φόρτο εργασίας, και οι κόμβοι έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν παράλληλες εργασίες (**jobs**).

Για την υλοποίηση clustering 3D αντικειμένων στη συγκεκριμένη εφαρμογή έχουν μελετηθεί δύο πιθανές μηχανές (engines), η SUN GRID ENGINE και το APACHE HADOOP.



SUN GRID ENGINE

Πρόκειται για ένα open source batch-queuing σύστημα, κατασκευασμένο από τη Sun με διαπλατφορμικές ιδιότητες. Τυπικά χρησιμοποιείται σε high - performance computing (HPC) clusters. Είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση, την αποδοχή, το σχεδιασμό και την αποστολή εργασιών σε απομακρυσμένους κόμβους οι οποίοι εκτελούν τις εργασίες αυτές. Διαχειρίζεται επίσης και σχεδιάζει τη κατανομή των πόρων του συστήματος κατάλληλα για την κατανεμημένη λειτουργία των διεργασιών [40].

Χρησιμοποιεί τεχνικές αποστολής των εκτελέσιμων εργασιών στους κόμβους μέσω ουρών αναμονής (queues). Υπάρχουν τρεις τρόποι να αποστείλει ένας χρήστης ένα a στον κύριο εξυπηρετητή – κόμβο, μέσω της προγραμματιστικής επαφής DRMAA (DRMAA API for JAVA), μέσω της αρχιτεκτονικής ARCo όπου ο ίδιος ο χρήστης μπορεί να στέλνει αυτόνομα τις εργασίες, και τέλος μέσω του κεντρικού εξυπηρετητή – κόμβου που είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση όλων των εργασιών.

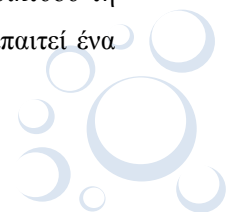
Οι κόμβοι εξυπηρέτησης και ολοκλήρωσης εργασιών διακρίνονται σε:

- Master host: ο κύριος εξυπηρετητής στον οποίο εκτελείται το qmaster daemon, υπεύθυνο για την πλήρη λειτουργία του grid engine.
- Execution hosts: οι επιμέρους εξυπηρετητές που εκτελούν τις εργασίες βάση της ουράς διεργασιών, πάνω στους οποίους εκτελούνται οι execution daemons. Ακόμα, οι host αυτοί μπορούν να διαχειρίζονται επιμέρους execution hosts που βρίσκονται σε sub-clusters, για τα οποία είναι υπεύθυνοι οι execution host αυτοί.

APACHE HADOOP

Πρόκειται για μία πλατφόρμα βασισμένη στη JAVA που υποστηρίζει data-intensive κατανεμημένες εφαρμογές [41]. Επιτρέπει στις εφαρμογές να εργαστούν με χιλιάδες κόμβους και petabytes δεδομένων. Χρησιμοποιεί το HDFS (Hadoop Distributed File System) και το εργαλείο MapReduce.

- HDFS: αποθηκεύει αρχεία εξαιρετικού μεγέθους σε πολλαπλές μηχανές. Επιτυγχάνει με αυτό το τρόπο την αξιοπιστία του συστήματος με την αντιγραφή των στοιχείων σε πολλαπλούς υπολογιστές χωρίς να χρειάζεται αποθήκευση τύπου RAID στους εκάστοτε κόμβους. Είναι κατασκευασμένο σε data nodes, τα οποία χειρίζονται μέσω δικτύου τη διανομή των αρχείων κάθε κόμβου ακόμα και μέσω HTTP. Το filesystem απαιτεί ένα



μοναδικό namenode server για failsafe λόγους. Αν ο κεντρικός namenode server καταρρεύσει, τότε το filesystem απενεργοποιείται.

- MapReduce Engine: Περιλαμβάνει ένα Job Tracker node και ένα Task Tracker node. Οι Job Tracker επιλύουν στο διαθέσιμο Task Tracker τους κόμβους στη συστάδα, που προσπαθούν να κρατήσουν την εργασία όσο το δυνατόν πιο στενά στα στοιχεία. Με έναν rack-aware filesystem, ο Job Tracker ξέρει ποιος κόμβος περιέχει τα στοιχεία, και όσες άλλες μηχανές είναι σε σχετικά κοντινή απόσταση. Εάν η εργασία δεν μπορεί να φιλοξενηθεί στον πραγματικό κόμβο όπου το στοιχείο κατοικεί, προτεραιότητα δίνεται στους κόμβους στο ίδιο rack. Αυτό μειώνει το φόρτο στο backbone δίκτυο. Εάν ένας Task Tracker αποτυγχάνει ή φτάσει σε time-out, εκείνο το μέρος της εργασίας επαναπρογραμματίζεται. Εάν Job Tracker αποτυγχάνει, όλη η τρέχουσα εργασία χάνεται.



8

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

8.1. Σύνοψη και Συμπεράσματα

Στη πτυχιακή αυτή εργασία παρουσιάστηκε ένα σύνολο από επεκτάσεις των MPEG-7 Descriptors, συγκεκριμένα Visual και Metadata Descriptors, προκειμένου να επιτευχθεί μία πλήρης και αποτελεσματική πολυμεσική περιγραφή X3D σκηνών μέσω του προτύπου MPEG-7. Προτάθηκε και υλοποιήθηκε ένα σύνολο από X3D descriptors περιεχομένου για τις γεωμετρίες τύπου X3D και τις ιδιότητες θέσης τους, για τις ειδικές Metadata τιμές τους, για την διάδραση των αντικειμένων μέσω των χρηστών και των script μεθόδων τους καθώς και κάποια συγκεκριμένα metadata attributes αρχείων X3D. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε το νέο MPEG-7 Schema Definition και υλοποιήθηκε μία εφαρμογή η οποία εξάγει τις περιγραφές MPEG-7 μέσω ενός XSLT αλγόριθμου μετασχηματισμού δεδομένων τύπου XML. Τα παραγόμενα XML αρχεία περιγραφής επικυρώνονται έναντι του νέου Schema που περιλαμβάνει τις επεκτάσεις που δημιουργήθηκαν και καταχωρούνται σε βάσεις δεδομένων από τις οποίες ανακτώνται σύνολα από 3D μοντέλα και 3D περιεχόμενο, βάσει των απαιτήσεων των διαδικτυακών χρηστών μέσω προσαρμοσμένων ερωτημάτων.

Σε ένα κόσμο όπου οι καινοτομίες στις πολυμεσικές τεχνολογίες εξελίσσονται συνεχώς, είναι απόλυτα σίγουρο ότι η λειτουργικότητα και η ενσωμάτωση του 3D σε συνδυασμό με το MPEG-7 δεν θα σταματήσει εδώ. Παρόλα αυτά, η έρευνα και εργασία που εκτελέστηκε στα πλαίσια της πτυχιακής θεωρείται ότι παρέχει τα θεμελιώδη δομικά εργαλεία που απαιτούνται για την κατασκευή



ολοκληρωμένου και αποτελεσματικού τρισδιάστατου πολυμεσικού περιεχομένου και την περιγραφική πληροφορία X3D σκηνών. Εξάγοντας πληροφορία για τη θέση και το σχετικό μέγεθος των 3D αντικειμένων που βρίσκονται στις X3D σκηνές, τα ειδικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων όπως τον τύπο του αντικειμένου, τις ιδιότητες καμπυλότητας και τις διαθέσιμες υφές του, σε συνδυασμό με τις εγγενείς ιδιότητες κίνησής του και τις διαδράσεις του με άλλα αντικείμενα ή τον τελικό χρήστη, μπορεί να επιτευχθεί ένας μηχανισμός πλήρους και αποτελεσματικής τεκμηριωμένης περιγραφής. Η δομή της περιγραφής υποστηρίζει την αξιολόγηση και το ταίριασμα διαφορετικών 3D μοντέλων σε μία τέτοια μορφή ώστε να είναι συμβατή με τις απαιτήσεις που επιβάλλει το πρότυπο MPEG-7 μέσω του DDL Schema, προσφέροντας κατάλληλη και απρόσκοπτη ενσωμάτωση σε διαπλατφορμικές εφαρμογές ιστού.

8.2. Μελλοντικές Επεκτάσεις

Οι επεκτάσεις και η εφαρμογή που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής εργασίας επιδέχονται περαιτέρω βελτιώσεων και επεκτάσεων ώστε να δημιουργηθεί μία ολοκληρωμένη διαδραστική πλατφόρμα επικεντρωμένη στο διαδίκτυο.

Οι MPEG-7 περιγραφές που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο αυτό θα μπορούσαν να καταταμηθούν σε πολλαπλές απομακρυσμένες τοποθεσίες πολλών βάσεων δεδομένων ώστε να ανακτάται το περιεχόμενο που επιλέγεται από τον εκάστοτε χρήστη από την πλησιέστερη τοποθεσία, παρέχοντας γρήγορους χρόνους απόκρισης και μετάδοσης του περιεχομένου. Ταυτόχρονα, αποθηκεύοντας κάθε κομμάτι περιγραφής που ενσωματώνεται στις βάσεις (filesystem) του CLUSTER πολυ-υπολογιστών πολλαπλές φορές, μπορεί να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης σφαλμάτων ή μη απόκρισης του συστήματος σε περίπτωση που ένας κόμβος του CLUSTER έχει τεθεί εκτός λειτουργίας και περιέχει το μοναδικό αρχείο περιγραφής.

Σε ανώτερο επίπεδο, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας διαδραστικής πλατφόρμας βασισμένη στο πρότυπο MPEG-21, που συνεργάζεται εκ φύσεως με τα πρότυπα MPEG-7 και MPEG-4, η οποία μπορεί να δημιουργήσει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ του συστήματος και των τελικών χρηστών. Το MPEG-21 παρέχει λύσεις για την διαδικτυακή επικοινωνία οποιουδήποτε τύπου τελικής συσκευής απεικόνισης με το σύστημα παροχής απομακρυσμένου 3D περιεχομένου, προσφέροντας ευελιξία και ευρεία επέκταση του συστήματος. Η ενσωμάτωση των προτύπων MPEG-21 και MPEG-7 για την απομακρυσμένη παροχή προσαρμοσμένων X3D σκηνών βάσει των αιτημάτων του χρήστη, θα προσφέρει μία ευέλικτη, αποτελεσματική και καινοτόμο διαδραστική πλατφόρμα καθολικής εφαρμογής.





ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] J. W. H. Tangelder and R. C. Veltkamp, “A survey of content based 3D shape retrieval methods,” *Multimedia Tools and Application*, Vol.39(3),pp.441-471, 2008
- [2] M. Attene, F. Robbiano, M. Spagnuolo and B. Falcidieno, “Semantic Annotation of 3D Surface Meshes Based on Feature Characterization,” *Semantic Multimedia*, p.126, Springer Berlin / Heidelberg, 2007
- [3] L. Papaleo, L. De Floriani, “Semantic-Based Segmentation and Annotation of 3D Models,” *Image Analysis and Processing – ICIAP 2009*, pp. 103-112, Springer Berlin / Heidelberg, 2009
- [4] C. Grana, and R. Cucchiara, “Performance of the MPEG-7 Shape Spectrum Descriptor for 3D objects retrieval,” *Second Italian Research Conference on Digital Library Management Systems*, IRCDL 2006.
- [5] P. Min, M. Kazhdan, T. Funkhouser, “A comparison of text and shape matching for retrieval of online 3D models,” *In: Proc. European conference on digital libraries*, pp 209, 2004
- [6] Y. Shen, S.K. Ong, A.Y.C. Nee, “Product information visualization and augmentation in collaborative design,” *Computer-Aided Design*, Vol. 40(9), pp.963-974, September 2008
- [7] Yaniv Loewenstein et al. “Protein function annotation by homology-based inference,” *Genome Biology*, 10(2):207, 2009
- [8] D. Koller, B. Frischer, G. Humphreys, “Research challenges for digital archives of 3D cultural heritage models,” *ACM J. Comput. Cult. Herit.* Vol. 2, No. 3, Article 7, December 2009
- [9] Pein, Raoul Pascal, Amador, Milton, Lu, Joan and Renz, Wolfgang, “Using CBIR and semantics in 3D-model retrieval,” *8th IEEE International Conference on Computer and Information Technology*. IEEE, pp. 173-178, 2008
- [10] C. Panagiotakis, A. Doulamis and G. Tziritas, “Equivalent Key Frames Selection Based on Iso-Content Principle,” *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video technology*, Vol. 19, No. 3, pp. 447-451, March 2009
- [11] MPEG-4 Homepage. <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>
- [12] MPEG-7 Homepage. <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>
- [13] Σ. Ν. Δημητριάδης, Α. Σ. Πομπόρτσης, Ε. Γ. Τριανταφύλλου, «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ, Θεωρία και Πράξη», Εκδόσεις Τζιόλα, ISBN 960-418-025-8, Θεσσαλονίκη 2004
- [14] 3D Modeling. http://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling
- [15] I. M. Bilasco, J. Genzel, M. O. Villanova and H. Martin, “On Indexing of 3D Scenes Using MPEG-7,” *in Proceedings of ACM Multimedia '05*, Singapore, 471-474, 2005



- [16] I. M. Bilasco, J. Genzel, M. O. Villanova and H. Martin, “Semantic-based Rules for 3D Scene Adaptation,” in *Proceedings of IEEE International Symposium on Multimedia '07*, Perugia, Italy, 97-100, 2007
- [17] I. M. Bilasco, J. Genzel, M. O. Villanova and H. Martin, “An MPEG-7 framework enhancing the reuse of 3D models,” in *Proceedings of Web3D Symposium '06*, Columbia, Maryland, 65-73, 2006
- [18] J. Chmielewski, “Interaction Descriptor for 3D Objects,” In *Proceedings of the International Conference on Human System Interaction* (Krakow, Poland, May 25-27, 2008). HSI'08. 18-23, 2008
- [19] J. Chmielewski, “Interaction Interfaces for Unrestricted Multimedia Interaction Descriptions,” In *Proceedings of the Mobile Computing and Multimedia Conference* (Linz, Austria, November 24–26, 2008). MoMM '08. 397-400, 2008
- [20] F. Pitarello, A. de Faveri, “Semantic Description of 3D Environments: a Proposal Based on Web Standards,” in *Proceedings of Web3D Symposium '06*, Columbia, Maryland, 85-95, 2006
- [21] P. Halabala, “Semantic metadata creation,” In *Proceedings of CESC 2003: 7th Central European Seminar on Computer Graphics*, 15.25, 2003
- [22] A.G. Malamos, G. Mamakis et al. “Extending X3D-based Educational Platform for Mathematics with Multicast Networking Capabilities”, *WBE '09*, 644-038, Phuket, Thailand, March 16 – 12, 2009
- [23] A.G. Malamos, G. Mamakis, et al. ,“VCLASS-3D: A Multimedia Educational Collaboration Platform With 3D Virtual Workspace Support.”, *to be presented at WBE '06*, Puerto Vallarta, 23-25 January 2009
- [24] WEB3D CONSORTIUM, Extensible 3D (X3D) ISO/IEC 19775:2004. <http://www.web3d.org/x3d/specifications/ISOIEC-19775-X3DAbstractSpecification/>, 2004
- [25] S. Sylaiou, F. Liarakapis, K. Kotsakis, P. Patias “Virtual museums, a survey and some issues for consideration,” *Journal of Cultural Heritage*, Volume 10, Issue 4, pp. Pages 520-528, 2009
- [26] G. A Pavlopoulos, A.-L. Wegener, and R. Schneider, “A survey of visualization tools for biological network analysis,” *BioData Min*, 2008; 1: 12, 2008
- [27] Ning-Ning Zhou¹ and Yu-Long Deng, “Virtual reality: A state-of-the-art survey,” *International Journal of Automation and Computing*, Vol. 6(4), pp. 319-325, 2009
- [28] MPEG Homepage. <http://mpeg.chiariglione.org/>
- [29] D. Halkos, N. Doulamis, A. Doulamis, “A Secure Framework Exploiting Content Guided and Automated Algorithms for Real Time Video Searching,” *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 42, pp. 343-375, April 2009



- [30] S. Dasiopoulou, V. Tzouvaras, I. Kompatsiaris and M. G. Strintzis, “Enquiring MPEG-7 based multimedia ontologies,” *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 46, no 2-3, pp. 331-370, 2010
- [31] Mario Doller, Harald Kosch, “The MPEG-7 Multimedia Database System (MPEG-7 MMDB),” *Journal of Systems and Software*, Vol. 81(9), pp. 1559-1580, 2008
- [32] N. Doulamis, C. Ceacero, L. Collantes, D. Tektonidis, “DESYME: Development System for Mobile Services”, *15th IST Mobile & Wireless Communications Summit*, 4-8 June 2006, Mykonos, Greece
- [33] COLLADA Homepage. <http://www.khronos.org/collada/>
- [34] ISO 15938:3 Multimedia Content Description Interface – Part 3: Visual. May, 2002
- [35] T. Zaharia, F. Preteux, “3D Shape-based retrieval within the MPEG-7 framework,” *In Proceedings of the SPIE/EI Conference on Nonlinear Image Processing*, SPIE/EI 2001
- [36] ISO 15938:5 Multimedia Content Description Interface – Part 5: Multimedia Description Schemes. May, 2003
- [37] XML Specifications. <http://www.w3.org/XML/>
- [38] XSLT v2.0 Homepage. <http://www.w3.org/TR/xslt20/>
- [39] XPATH v2.0 Homepage. <http://www.w3.org/TR/xpath20/>
- [40] Sun Grid Engine Computing, http://en.wikipedia.org/wiki/Sun_Grid_Engine
- [41] Apache Hadoop HDFS Project. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hadoop>





.....

ΣΠΑΛΛΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

Πτυχιούχος Τεχνολόγος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων

© 2010 – All rights reserved

