

# Η τεχνολογία της Δικτυακής Μουσικής Εκτέλεσης και η ανάπτυξη της στο ΤΕΙ Κρήτης

## Μέρος Β΄



των Χρυσούλα Αλεξανδράκη και Δρ. Δημοσθένη Ακουμιανάκη

### 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν άρθρο, αποτελεί συνέχεια του άρθρου που φέρει ίδιο τίτλο και δημοσιεύθηκε στο προηγούμενο τεύχος του περιοδικού. Στο προηγούμενο τεύχος περιγράφεται το ερευνητικό πεδίο της Δικτυακής Μουσικής Εκτέλεσης (ΔΜΕ), καταγράφονται οι ερευνητικές και τεχνολογικές προκλήσεις που προβάλλονται στην ανάπτυξη συναφών συστημάτων λογισμικού ενώ παράλληλα παρατίθενται οι σύγχρονες τάσεις και τα συστήματα ΔΜΕ, που έχουν πρόσφατα καταγραφεί στη διεθνή ερευνητική κοινότητα. Το δεύτερο μέρος, επικεντρώνεται στα ερευνητικά επιτεύγματα που έχουν προκύψει από δραστηριότητες του ΤΕΙ Κρήτης σ' αυτό το συνεχώς εξελισσόμενο γνωστικό αντικείμενο. Ειδικότερα, περιγράφεται μια νέα πλατφόρμα δικτυακής μουσικής εκτέλεσης και κάποια από τα ενδεικτικά σενάρια εφαρμογών, που υποστηρίχθηκαν στο πλαίσιο του έργου ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ με χρηματοδότηση του Μέτρου 1.2 (Κοινοπραξίες Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης σε τομείς Εθνικής Προτεραιότητας) του Επιχειρησιακού Προγράμματος Κρήτης (2006-2008).

### 2. ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΤΟΥ “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”

Η μουσική εκτέλεση, διενεργείται στα πλαίσια ποικίλων σεναρίων συνεργασίας. Παράδειγμα τέτοιων σεναρίων, πέρα από τη ζωντανή μουσική παράσταση (δηλ. τη συναυλία), είναι η μουσική πρόβα, ο μουσικός αυτοσχεδιασμός, το μάθημα μουσικής αλλά και η ηχογράφηση ενός δίσκου. Στο “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”, ήδη από την προκα-

ταρκτική φάση υλοποίησης του έργου διαπιστώθηκε ότι τόσο οι λειτουργικές όσο και οι μη-λειτουργικές απαιτήσεις στην ανάπτυξη συστημάτων δικτυακής μουσικής εκτέλεσης, ποικίλουν σημαντικά ανάλογα με το σενάριο συνεργασίας, αλλά και με βάση ένα πλήθος από παραμέτρους, όπως είναι για παράδειγμα η τεχνολογική υποδομή στην οποία στηρίζεται το όλο εγχείρημα, αλλά και το είδος της μουσικής που εκτελείται [1]. Επομένως, το πρώτο ερώτημα που τέθηκε αφορούσε το: σε ποιά ή σε ποιά από τα σενάρια συνεργασίας θα στόχευε η υπό υλοποίηση πλατφόρμα.

Σε αυτό το σημείο έγκειται και η βασικότερη καινοτομία του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” σε σχέση με άλλα συστήματα ΔΜΕ. Στο “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” ο κύριος στόχος ήταν η ανάπτυξη μιας πλατφόρμας, η οποία θα είναι επαρκώς ανοικτή και επαρκώς ευέλικτη ώστε να δύναται να υποστηρίξει συνεδρίες μουσικής εκτέλεσης σε σενάρια που διαφέρουν, τόσο ως προς τον τρόπο με τον οποίο συνεργάζονται οι μουσικοί, όσο και ως προς τη διαθέσιμη τεχνολογική υποδομή. Για την εκπλήρωση αυτού του στόχου καθορίστηκε ότι η πλατφόρμα του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” θα έπρεπε να διασφαλίζει τις μη-λειτουργικές προδιαγραφές που αναλύονται στις υποενότητες που ακολουθούν.

#### 2.1. Κλιμάκωση και φορτιότητα

Στο κατανεμημένο περιβάλλον του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”, η έννοια κλιμάκωση, αναφέρεται στη δυνατότητα της πλατφόρμας να κλιμακωθεί ως προς το πλήθος των μουσικών που συμμετέχουν σε μία σύγχρονη συ-

νεδρία μουσικής εκτέλεσης καθώς και ως προς τη γεωγραφική διασπορά τους. Η γεωγραφική διασπορά προφανώς αναφέρεται στην διαθέσιμη δικτυακή υποδομή, δηλαδή εάν πρόκειται για τοπικό δίκτυο (LAN) ή για δίκτυο ευρείας κάλυψης (WAN).

Η δυνατότητα κλιμάκωσης του συστήματος ως προς τους δύο αυτούς παράγοντες, εξασφαλίσθηκε λόγω του γεγονότος ότι η υλοποίηση του όλου συστήματος βασίζεται στα ανώτερα στρώματα του δικτυακού μοντέλου TCP/IP κι επομένως, είναι ανεξάρτητη των κατώτερων δικτυακών στρωμάτων τα οποία αντιπροσωπεύουν διαφορετικές δικτυακές υποδομές σε φυσικό επίπεδο. Επιπρόσθετα, η υλοποίηση της πλατφόρμας είναι τέτοια ώστε να μην περιορίζεται ο αριθμός των μουσικών δικτυακών κόμβων που συμμετέχουν στην επικοινωνία.

## 2.2. Ανοικτό λογισμικό για ανάπτυξη εξειδικευμένων γραφικών διεπαφών χρήστη

Καθώς η συνεργασία σε διαφορετικά σενάρια απαιτεί την υποστήριξη διαφορετικών πρακτικών συνεργασίας ανάμεσα στους μουσικούς, μια γενικευμένη πλατφόρμα που φιλοδοξεί να υποστηρίξει ποικίλα σενάρια εφαρμογής θα πρέπει να είναι ανοικτή, δηλαδή να παρέχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης των κυρίως λειτουργιών της μέσω μίας ανοικτή προγραμματιστικής βιβλιοθήκης. Για παράδειγμα, κάποια σενάρια εφαρμογής απαιτούν οπτική επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων, μέσω video, ενώ άλλα αρκούνται στην ακουστική επικοινωνία. Σε ορισμένες περιπτώσεις η ακουστική επικοινωνία απαιτεί εξαιρετικά μεγάλη ποιότητα, ενώ σε άλλες περιπτώσεις το πρωτόκολλο MIDI μπορεί να είναι επαρκές για την ανταλλαγή μουσικών μηνυμάτων.

Η κυρίως λειτουργικότητα της πλατφόρμας του "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ" παρέχεται από μία ανοικτή προγραμματιστική βιβλιοθήκη, την 'NME Open API', η οποία εκτελείται σε

κάθε μουσικό δικτυακό κόμβο και επιτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες.

1. Προσδιορισμός των δικτυακών κόμβων (server ή peers) με τους οποίους διενεργείται η επικοινωνία.
2. Ανίχνευση και ρύθμιση των συσκευών υλικού που διατίθενται στο μουσικό κόμβο.
3. Λήψη δεδομένων ήχου, video ή/και MIDI από τις συσκευές υλικού.
4. Αποστολή δεδομένων στο δίκτυο (server ή peers).
5. Λήψη δεδομένων από το δίκτυο (server ή peers).
6. Αναπαραγωγή δεδομένων στις συσκευές υλικού.

Το λογισμικό στο οποίο υλοποιούνται οι πρακτικές σύγχρονες συνεργασίας των μουσικών μέσω εξειδικευμένων γραφικών διεπαφών χρήστη (βλ. Σχήμα 4 και Σχήμα 5) έχει δυνατότητα να ενεργοποιήσει τις παραπάνω λειτουργίες μέσω της προγραμματιστικής βιβλιοθήκης "NME Open API".

## 2.3. Υποστήριξη ασύγχρονος συνεργασίας

Επιπρόσθετα με τη σύγχρονη συνεργασία κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας δικτυακής μουσικής εκτέλεσης, το "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ" εξετάζει τη δυνατότητα ανάπτυξης κοινοτικής συμπεριφοράς των δυνητικών χρηστών του συστήματος μέσω πρακτικών ασύγχρονος συνεργασίας.

Στο τελικό σύστημα, η ασύγχρονη συνεργασία υποστηρίχθηκε από μια εξειδικευμένη διαδικτυακή πύλη η οποία αναπτύχθηκε εξολοκλήρου από το Εργαστήριο Τεχνολογίας και Συστημάτων Λογισμικού του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων του ΤΕΙ Κρήτης [2]. Στιγμιότυπο της πύλης που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

Η προστιθέμενη αξία που προσφέρεται μέσω της δικτυακής πύλης του "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ" είναι το γεγονός ότι δίνει τη δυνατό-

τητα στους χρήστες να εγγραφούν σε αυτή και να δηλώσουν τις δεξιότητές τους, (π.χ. εάν είναι εκπαιδευτές, ηχοηγήτες, μαέστροι κ.λ.π.) καθώς και το μουσικό είδος και το μουσικό όργανο με το οποίο ασχολούνται. Οι εγγεγραμμένοι χρήστες μπορούν μέσω του portal να ανταλλάξουν οπτικοακουστικό υλικό και άλλες πληροφορίες, κάνοντας χρήση εργαλείων όπως discussion forums, chatting rooms, κ.α. Η πύλη αυτή επιπρόσθετα παρέχει ημερολόγιο το οποίο επιτρέπει στους μουσικούς να προγραμματίζουν τη συμμετοχή τους σε συνεδρίες ΔΜΕ και να αναρτούν σχετικές ανακοινώ-

εναλλακτικών μορφών μουσικής έκφρασης, πέρα από τη συμβατική μουσική ερμηνεία. Ειδικότερα, ο στόχος αυτός αφορούσε στην εμπλοκή μη-συμβατικών μουσικών οργάνων, όπως είναι τα πειραματικά ηλεκτρονικά μουσικά όργανα που απαρτίζονται από ποικίλους ελεγκτές, αισθητήρες πίεσης και κίνησης καθώς και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Για την υποστήριξη τέτοιων μορφών συνεργασίας, η υλοποίηση της πλατφόρμας επιτρέπει την επικοινωνία των μουσικών μέσω δεδομένων ελέγχου MIDI, επιπρόσθετα με την επικοινωνία μέσω ήχου και video. Η τάση εξόδου των αισθητήρων

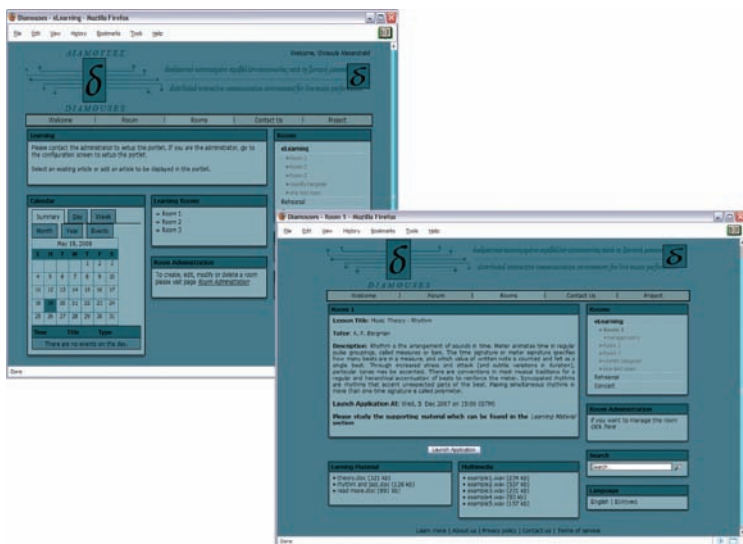
και των λοιπών πειραματικών συσκευών, μετατρέπεται σε δεδομένα MIDI μέσω ειδικών μετατροπέων, συσκευές CV-to-MIDI, και παρέχεται στον προσωπικό υπολογιστή μέσω κατάλληλης διασύνδεσης (MIDI ή USB).

## 2.5. Δικτυακή επικοινωνία

Τέλος, το έργο επιχειρήσε να πρωτοτυπήσει και στη χρήση των δικτυακών μέσων επικοινωνίας, αξιοποιώντας τεχνολογία άλλων ερευνητικών εργαστηρίων

του ΤΕΙ Κρήτης και αναδεικνύοντας πιθανές συνέργιες και συμπληρωματικότητα δράσεων. Συγκεκριμένα, στο "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ" η επικοινωνία με κοινό ακροατών, στηρίζεται σε τρεις τύπους μετάδοσης: ζωντανή μετάδοση πάνω από IP δίκτυο, ζωντανή μετάδοση σε δίκτυο επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης DVB-T καθώς και σε υπηρεσίες μετάδοσης κατ' απαίτηση (video-on-demand).

Για το σκοπό αυτό, το "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ" αξιοποίησε το πιλοτικό δίκτυο επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης του Εργαστηρίου Τηλεπικοινωνιακών Εφαρμογών (ΠΑΣΙΦΑΗ) του

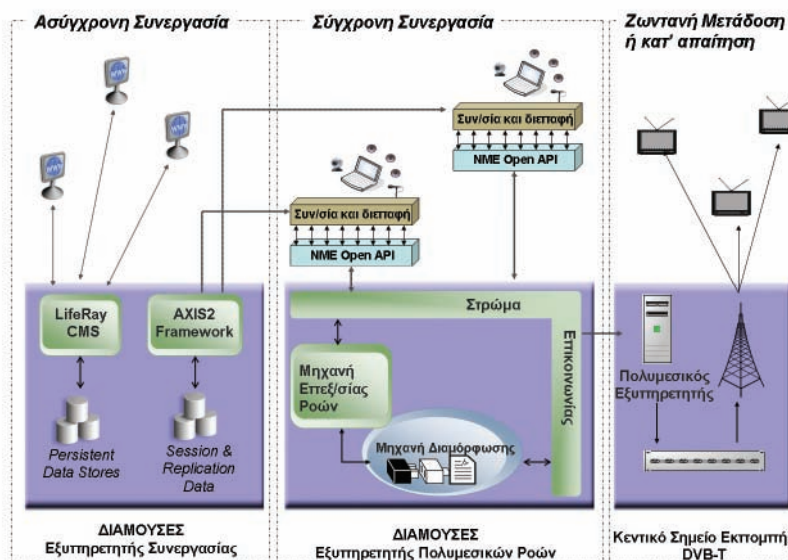


**Σχήμα 1:** Η εξειδικευμένη δικτυακή πύλη που παρέχει λειτουργίες ασύγχρονης συνεργασίας στο "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ".

σεως. Η συμμετοχή στα δρώμενα του "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ" πραγματοποιείται, έπειτα από τη λήψη εξειδικευμένης εφαρμογής λογισμικού που διατίθεται για καταφόρτωση από το ίδιο το portal. Η εφαρμογή αυτή παρέχει μια γραφική διεπαφή χρήστη η οποία υποστηρίζει τις πρακτικές συνεργασίες που απαιτούνται ανάλογα με το σενάριο ΔΜΕ.

## 2.4. Υποστήριξη καινοτόμων μορφών μουσικής έκφρασης

Ιδιαίτερης σημασίας για το "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ" υπήρξε η προσπάθεια υποστήριξης



Σχήμα 2: Η συνολική αρχιτεκτονική του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”.

Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων του ΤΕΙ Κρήτης [3]. Μέσω αυτού του δικτύου, οι ακροατές μπορούν να παρακολουθούν τα καταμελημένα δρώμενα του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” είτε ζωντανά είτε κατ’ απαίτηση. Αναφορικά με το IP δίκτυο, το κοινό ακροατών, μπορεί να χρησιμοποιεί το ίδιο υλικό και λογισμικό με τους μουσικούς κόμβους προκειμένου να παρακολουθεί ζωντανά (ή κατ’ απαίτηση μέσω της δικτυακής πύλης του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”) τα δρώμενα του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”. Σε

γενικές γραμμές, το “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” χρησιμοποιεί χαμηλής ποιότητας video, για την επικοινωνία μεταξύ των μουσικών και υψηλής ποιότητας video για την επικοινωνία με το κοινό.

### 3. Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”

Η συνολική αρχιτεκτονική του περιβάλλοντος του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” απεικονίζεται στο Σχήμα 2. Τα κεντρικά συστατικά τμήματα του καταμελημένου περιβάλλοντος

είναι ο «ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ Εξυπηρετητής Πολυμεσικών Ροών», ο «ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ Εξυπηρετητής Συνεργασίας» και το «Κεντρικό Σημείο εκπομπής DVB-T». Οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με αυτές τις μονάδες, είτε ως χρήστες της δικτυακής πύλης (παρουσιάζεται στην αριστερή περιοχή του διαγράμματος), είτε



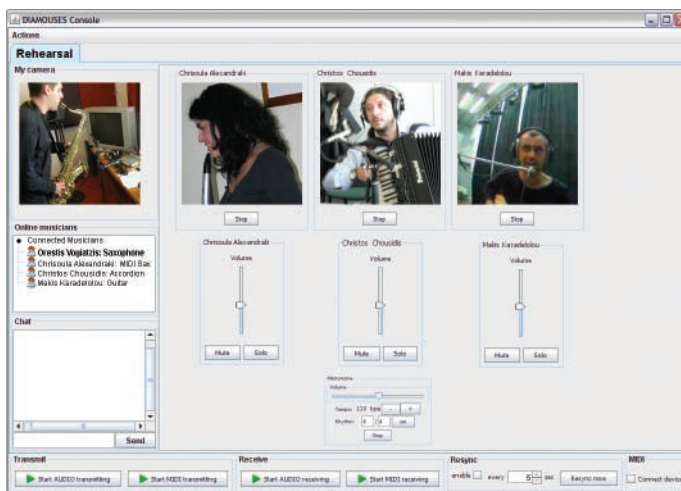
Σχήμα 3: Ο εξοπλισμός υλικού ενός μουσικού κόμβου.



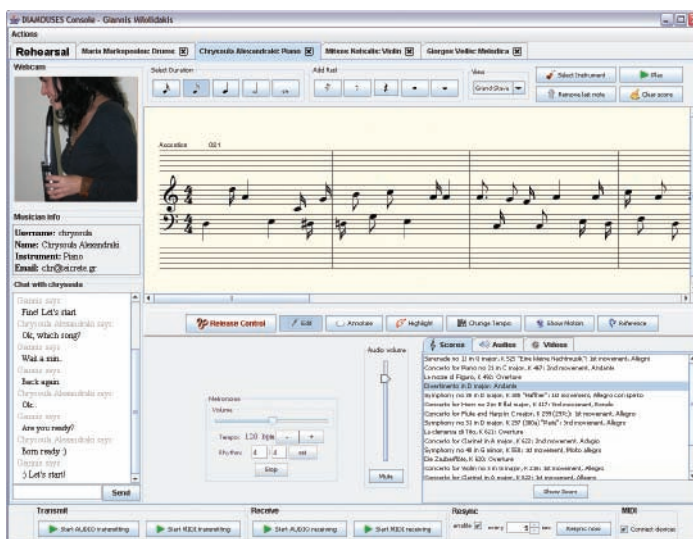
ως μουσικοί εκτελεστές (παρουσιάζεται στην κεντρική περιοχή), ή ως αποδέκτες της ψηφιακής μετάδοσης (παρουσιάζεται στο δεξιά περιοχή).

Στο Σχήμα 3 απεικονίζονται οι συσκευές υλικού με τις οποίες είναι εφοδιασμένοι ένας μουσικός κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”. Στις συσκευές αυτές περιλαμβάνονται μικρόφωνα, ηχεία ή/και ακουστικά, κάμερα, ενδεχομένως κάποιοι MIDI controllers και ένας προσωπικός υπολογιστής.

Οι μουσικοί επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω της δικτυακής σύνδεσης των προσωπικών τους υπολογιστών, όπου εκτελείται ένα λογισμικό δύο επιπέδων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Το κάτω επίπεδο (NME Open API) αναφέρεται στις λειτουργίες που καταγράφονται στην ενότητα 2.2, ενώ το πάνω επίπεδο (Συν/σια και διεπαφή) αναφέρεται στη γραφική διεπαφή χρήστη, η οποία διαφέρει ανάλογα με το σενάριο συνεργασίας. Ενδεικτικά, το Σχήμα 4, απεικονίζει τη γραφική διεπαφή χρήστη που έχει αναπτυχθεί για της ανάγκες μιας δικτυακής μουσικής πρόβας, ενώ το Σχήμα 5, απεικονίζει τη γραφική διεπαφή χρήστη, που έχει αναπτυχθεί για της ανάγκες ενός μαθήματος μουσικής από απόσταση. Οι προηγμένες αυτές διεπαφές χρήστη έχουν εξολοκλήρου σχεδιασθεί και υλοποιηθεί από το Εργαστήριο Τεχνολογίας και Συστημάτων Λογισμικού του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων του ΤΕΙ Κρήτης.



Σχήμα 4: Η διεπαφή μιας καταμεμημένης μουσικής πρόβας.

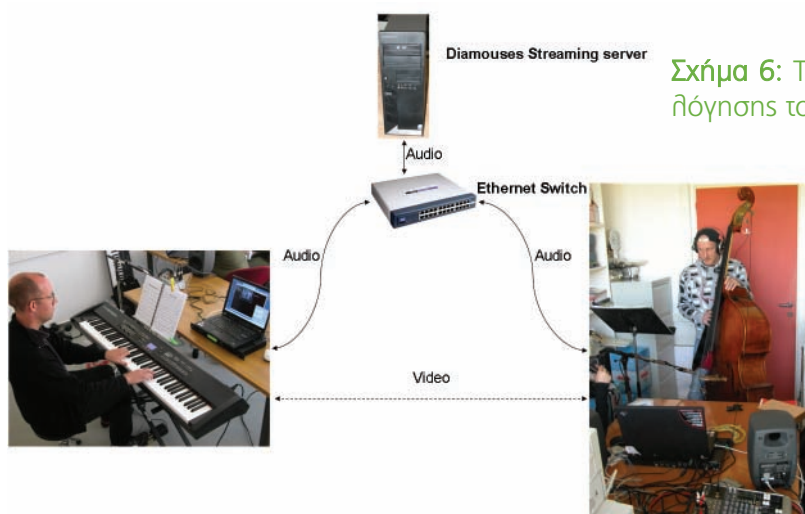


Σχήμα 5: Η διεπαφή ενός μαθήματος μουσικής από απόσταση.

Περαιτέρω ανάλυση της αρχιτεκτονικής του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” και πληροφορίες σχετικά με λειτουργικές δομές και τεχνικές λεπτομέρειες του συστήματος παρουσιάζονται σε πρόσφατα δημοσιευμένα άρθρα [4], [5], [6] και [7].

#### 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η τελική αξιολόγηση της πλατφόρμας του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” έγινε στη βάση τριών ενδεικτικών σεναρίων δικτυακής μουσικής



Σχήμα 6: Το πρώτο σενάριο αξιολόγησης του "ΔΙΑΜΟΥΣΣΕΣ".

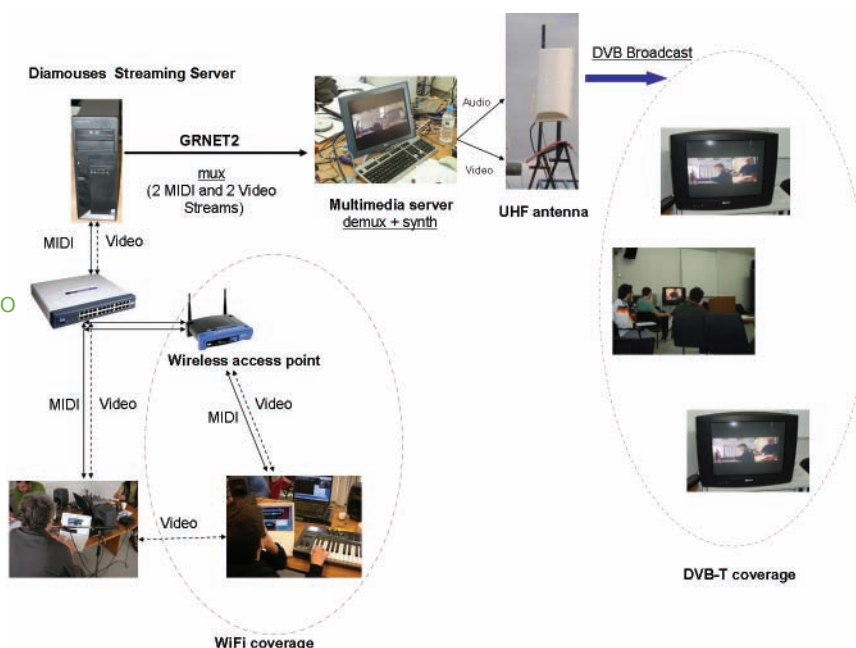
εκτέλεσης και αφορούσε αφενός στην αξιολόγηση των δικτυακών χαρακτηριστικών της μετάδοσης και αφετέρου της εμπειρίας των χρηστών με το τελικό σύστημα. Η αξιολόγηση αυτή σκιαγραφείται στις υποενότητες που ακολουθούν.

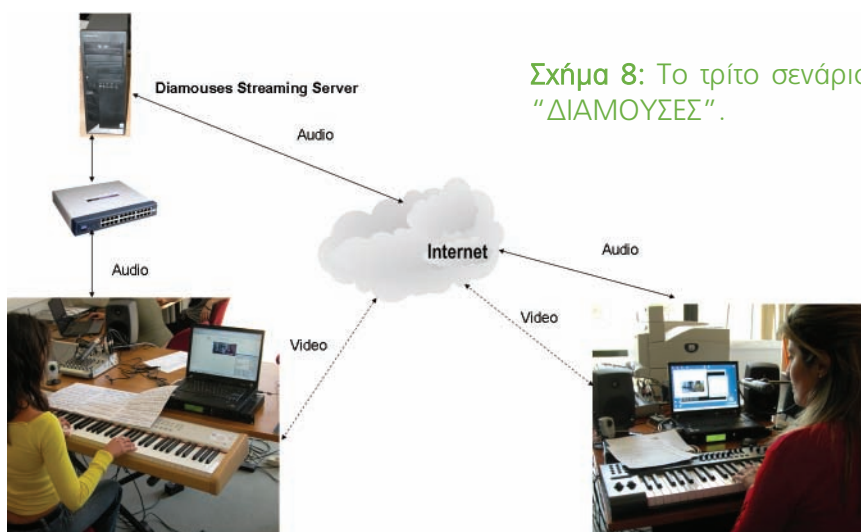
#### 4.1.Πρώτο σενάριο: μια δικτυακή Jazz πρόβα

Το πρώτο σενάριο αφορά μία πρόβα ενός Jazz ντουέτου (ακουστικό μπάσο και ηλεκτρικό πιάνο) τα μέλη του οποίου επι-

κοινωνούν μέσω ενσύρματου τοπικού δικτύου LAN ταχύτητας 100Mbps. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, η επικοινωνία των δύο μουσικών βασιζόταν στην ανταλλαγή ηχητικών ροών υψηλής ποιότητας και ροών video χαμηλής ποιότητας. Οι ροές ήχου ανταλλάσσονταν μέσω του "ΔΙΑΜΟΥΣΣΕΣ" εξυπηρετητή πολυμεσικών ροών, ενώ το video αποστέλλονταν απευθείας από τον ένα μουσικό στον άλλο, σε τοπολογία peer-to-peer.

Σχήμα 7: Το δεύτερο σενάριο αξιολόγησης το "ΔΙΑΜΟΥΣΣΕΣ".





Σχήμα 8: Το τρίτο σενάριο αξιολόγησης του "ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ".

Σε γενικές γραμμές, οι συγκεκριμένοι μουσικοί θεώρησαν ότι η μεταξύ τους επικοινωνία μέσω της πλατφόρμας ήταν εξίσου καλή με τη μουσική εκτέλεση σε κοινό φυσικό χώρο.

#### 4.2. Δεύτερο Σενάριο: μια ζωντανή κατανεμημένη παράσταση ηλεκτροακουστικής μουσικής

Το σενάριο, αυτό αφορούσε μία ζωντανή παράσταση ανάμεσα σε δύο καλλιτέχνες ηλεκτροακουστικής μουσικής οι οποίοι επικοινωνούσαν με μηνύματα MIDI και ζωντανές ροές video μέσω ασύρματου τοπικού δικτύου. Ταυτόχρονα, η ζωντανή αυτή παράσταση μεταδιδόταν ζωντανά στο δίκτυο επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης που αξιοποιείται στα πλαίσια του έργου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7. Οι ροές MIDI καθώς και οι ροές video που προέρχονταν από τους δύο μουσικούς πολυπλέκονταν σε μία κοινή ροή η οποία μέσω του ακαδημαϊκού δικτύου ΕΔΕΤ, αποστέλλονταν στο κεντρικό σημείο εκπομπής του δικτύου DVB-T, κι από εκεί εκπέμπονταν σε κοινό ακροατών/θεατών.

Από πλευράς συνεργασίας, το πείραμα αυτό κατέδειξε ότι η οπτική επικοινωνία μέσω ζωντανών ροών video είναι επιτα-

κτική ανάγκη στην περίπτωση της πειραματικής και αυτοσχεδιαστικής μουσικής, καθώς και το γεγονός ότι κατά τη ζωντανή μουσική εκτέλεση, η επικοινωνία με το κοινό θα πρέπει να είναι αμφίδρομη, δηλαδή οι μουσικοί θεωρούν απαραίτητο να ενημερώνονται για την ανταπόκριση του κοινού. Αναφορικά με την τεχνολογική υποδομή, στο πείραμα αυτό επιβεβαιώθηκε το γεγονός ότι το πανεπιστημιακό δίκτυο ΕΔΕΤ είναι εξαιρετικά υψηλών προδιαγραφών καθώς οι καθυστερήσεις στην επικοινωνία, ήταν εξαιρετικά χαμηλές και οι απώλειες δεδομένων πρακτικά αμελητέες.

#### 4.3. Τρίτο σενάριο: ένα απομακρυσμένο μάθημα πιάνου

Το τρίτο σενάριο αξιολόγησης, αφορά ένα μάθημα πιάνου στο Διαδίκτυο (Σχήμα 8). Η επικοινωνία μεταξύ δασκάλας και μαθήτριας διεκπεραιώνονταν πάνω από κοινόχρηστο δίκτυο Internet μέγιστης ταχύτητας 34Mbps, μέσω του οποίου ανταλλάσσονταν ήχος ποιότητας CD και video χαμηλής ποιότητας.

Αναφορικά με τη συνεργασία μεταξύ δασκάλας και μαθήτριας, διαπιστώθηκε ότι στην περίπτωση του μαθήματος κρίνεται απαραίτητη η απεικόνιση της παρτιτούρας

στη γραφική διεπαφή χρήστη, καθώς και ότι η κάμερα που διατίθεται για οπτική επικοινωνία θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη κάλυψη, καθώς μαθητής και δάσκαλος θα πρέπει να μπορούν να παρατηρούν ο ένας τις κινήσεις του άλλου. Αναφορικά με τις επιδόσεις του συστήματος σε τεχνικό επίπεδο, διαπιστώθηκε ότι τα κοινόχρηστα δίκτυα τύπου xDSL δεν είναι κατάλληλα για την υποστήριξη ρεαλιστικής ΔΜΕ, καθώς οι καθυστερήσεις που υπεισέρχονται κατά την επικοινωνία και κυρίως η διακύμανσή τους (γνωστή ως network jitter), δεν επέτρεπαν στους μουσικούς να συγχρονιστούν στο ίδιο tempo. Επιπρόσθετα, η μεγάλη απώλεια δεδομένων στο Διαδίκτυο είχε σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη θορύβου και την παραμόρφωση των ηχητικών ροών λόγω σημείων ασυνέχειας στο ηχητικό σήμα που κατέφθανε σε κάθε κόμβο.

#### 4.4. Αποτελέσματα

Η πειραματική αξιολόγηση κατέδειξε ότι, το “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” παρέχει μία ανοικτή πλατφόρμα ικανή να φιλοξενήσει τις ιδιαιτερότητες διαφορετικών σεναρίων μουσικής εκτέλεσης. Οι πρακτικές συνεργασίες που απαιτούνται για τη διεξαγωγή διαφορετικών σεναρίων, απομακρυσμένης μουσικής εκτέλεσης, μπορούν να υποστηριχθούν από την πλατφόρμα που έχει αναπτυχθεί, μέσω της υλοποίησης κατάλληλων συγχρονισμένων γραφικών διεπαφών χρήστη, οι οποίες μπορούν κατά περίπτωση να υλοποιούνται πάνω από τον υπάρχοντα πυρήνα λογισμικού. Επιπρόσθετα, με τη σύγχρονη συνεργασία, το “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” προσφέρει μηχανισμούς ασύγχρονης συνεργασίας μέσω εξειδικευμένης δικτυακής πύλης. Η πύλη αυτή στοχεύει στην προώθηση της ανάπτυξης εικονικών κοινοτήτων μουσικής δημιουργίας με αφορμή το “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”.

Από τεχνικής πλευράς, το “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” διαθέτει δυνατότητα πλήρους κλιμάκωσης και μεταφερσιμότητας σε ποικίλες δικτυακές υποδομές. Μοναδικός περιορι-

σμός στην κλιμάκωση της αρχιτεκτονικής του ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ είναι το γεγονός ότι οι ευρέως διαθέσιμες δικτυακές υποδομές δεν είναι προς το παρόν κατάλληλες για ρεαλιστική ΔΜΕ. Ωστόσο, η αυξανόμενη πρόοδος στον τομέα των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών θα επιτρέψει σύντομα τη δημιουργία καινοτόμων εικονικών κοινοτήτων μουσικής εκτέλεσης, οι οποίες θα είναι διακρατικές και πολύ-πολιτισμικές κι επομένως θα εμφανίσουν νέες προκλήσεις στο χώρο της μουσικής δημιουργίας.

#### 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η υλοποίηση του έργου “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” ολοκληρώθηκε το Μάιο του 2008, απρόσκοπτα και με ιδιαίτερα θετικές κριτικές από τους εξωτερικούς αξιολογητές, τόσο για το έργο και την ερευνητική ομάδα όσο και τις νέες προοπτικές που υποστηρίζονται. Στο σύντομο διάστημα που ακολούθησε μέχρι σήμερα, τα αποτελέσματα του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” έτυχαν θετικής αναφοράς και από την διεθνή ερευνητική κοινότητα που ασχολείται με το αντικείμενο της ΔΜΕ [4] [8] [9]. Ενδεικτικό της απήχησης αυτής, είναι και το γεγονός ότι ένα από τα κορυφαία περιοδικά του χώρου – το Computer Music Journal (MIT Press) – επέλεξε να φιλοτεχνήσει το οπισθόφυλλο του δεύτερου τεύχους τού τόμου 34, που δημοσιεύει τα αποτελέσματα του έργου με κάποια από τα τεχνουργήματα του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ”.

Αξίζει στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι πέρα των παραπάνω, το “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” είχε σημαντική συνεισφορά και πολλαπλασιαστικά οφέλη και για τα τρία Τμήματα του ΤΕΙ Κρήτης που συμμετείχαν στο έργο: το τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, το τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων και το τμήμα Ηλεκτρονικής. Τα οφέλη αυτά, δεν περιορίζονται μόνο στους μετρήσιμους δείκτες ακαδημαϊκής προβολής ή απήχησης, αλλά επεκτείνονται σε νέες ερευνητικές υποδομές, συνεργασίες με Ιδρύματα της χώρας μας και



του εξωτερικού, καθώς και σε οφέλη προς όφελος των φοιτητών και της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ειδικότερα, στο ΜΤΑ δημιουργήθηκε ένα σύγχρονο εργαστήριο μουσικής τεχνολογίας με τον τίτλο «Εργαστήριο Μουσικής Διάδρασης και Πολυφωνίας» που σήμερα υποστηρίζει εκπαιδευτικές δραστηριότητες και παράλληλες δράσεις. Επίσης, δόθηκε η δυνατότητα σε ένα αξιοσημείωτο αριθμό φοιτητών (περί-

συγγραφέα) στο Ινστιτούτο Συστηματικής Μουσικολογίας του Πανεπιστημίου του Αμβούργου [8]. Τέλος, το ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ τροφοδότησε και νέες συμπράξεις που έχουν υποβληθεί για αξιολόγηση στο πλαίσιο της δράσης ΘΑΛΗΣ με τη συνεργασία των ιδρυμάτων Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστήμιο Κρήτης και του ΤΕΙ Κρήτης με στόχο την



που δέκα) να απασχοληθούν σε ένα καινοτόμο γνωστικό αντικείμενο, αποκτώντας πολύτιμη εμπειρία και δεξιότητες που σε πολλές περιπτώσεις έδρασαν καταλυτικά στη μετέπειτα πορεία τους. Ενδεικτικά, σημειώνεται ότι φοιτητές από την ερευνητική ομάδα του “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” διεκδίκησαν με επιτυχία της εγγραφή τους σε Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών σε Πανεπιστήμια της χώρας, ενώ βρίσκεται σε εξέλιξη και μια διδακτορική έρευνα (της

αντιμέτωπιση σύνθετων θεμάτων που αφορούν τη θεωρητική και τεχνολογική υποστήριξη της δικτυακής μουσικής εκτέλεσης.

## 6. ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το έργο “ΔΙΑΜΟΥΣΕΣ” υλοποιήθηκε στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος ΠΕΠ Κρήτης και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και την Περιφέρεια Κρή-

της με τελικό δικαιούχο τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ). Στην κοινοπραξία του έργου συμμετείχαν:

- το Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Παράρτημα Ρεθύμνου, ΤΕΙ Κρήτης (Ανάδοχος),
- το Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΤΕΙ Κρήτης,
- το Τμήμα Ηλεκτρονικής, Παράρτημα Χανίων, ΤΕΙ Κρήτης,
- το Τμήμα Μηχανικών ΗΥ και Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών,
- η Ελληνική Εταιρία Τηλεπικοινωνιών και Τηλεματικών Εφαρμογών Forthnet Α.Ε. και
- η Ανώνυμη Εκπαιδευτική Εταιρεία ΑΚΜΗ.

## 7. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Alexandraki, C. & Kalantzis (2007), I., "Requirements and Application Scenarios in the Context of Network Based Music Collaboration", Proceedings of the AXMEDIS 2007 Conference. i-maestro workshop , Barcelona, Spain, 2007, pp. 39-46
- [2] iSTLab, <http://www.istl.teiher.gr>
- [3] Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιακών Εφαρμογών (ΠΑΣΙΦΑΗ), [http://www.epp.teicrete.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=125&Itemid=378&lang=e](http://www.epp.teicrete.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=378&lang=e)
- [4] Alexandraki C. & Akoumianakis D., Exploring New Perspectives in Network Music Performance: The DIAMOUSES Framework, Computer Music Journal, 34(2), 2010, pp. 66-83.
- [5] Alexandraki C. & Valsamakis N. (2009) "Enabling Virtual Music Performance Communities". In: Akoumianakis D., ed. "Virtual Community Practices and Social Interactive Media: Technology Lifecycle and Workflow Analysis", IGI Global Inc., pp. 376 – 397
- [6] Alexandraki C., Koutlemanis P., Gasteratos P., Valsamakis N., Akoumianakis D., Milolidakis G., Vellis G., Kotsalis D. (2008) "Towards the Implementation of a Generic Platform for Networked Music Performance: The DIAMOUSES approach", Proceedings of the ICMC 2008 International Computer Music Conference (ICMC 2008), 24-29 August 2008, Belfast, Northern Ireland, pp. 251-258
- [7] Alexandraki C., Koutlemanis P., Gasteratos P., Akoumianakis D., Milolidakis G., Vellis G., Kotsalis D. (2008). "DIAMOUSES: An experimental platform for network-based collaborative musical interactions", Proceedings of the ICEIS 2008 International Conference on Enterprise Information Systems, 12-16 June 2008, Barcelona, Spain, pp. 30-37
- [8] Networked Music Performance - - Wikipedia, the free encyclopedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Networked\\_music\\_performance](http://en.wikipedia.org/wiki/Networked_music_performance)
- [9] Akoumianakis, D., & Alexandraki, C. (in print): Collective Practices in Common Information Spaces: Insight from Two Case Studies, Human-Computer Interaction Journal. [Accepted for publication]
- [10] Alexandraki C. "Towards Real-time Concatenative Sound Synthesis for Networked Music Performance", (PhD Dissertation), Institut Systematische Musikwissenschaft, Universität Hamburg [σε εξέλιξη]