

SUPPORTING VIRTUAL WORK IN A MUSICAL CONTEXT

by

VLACHAKIS GEORGIOS

B.S., in Applied Informatics and Multimedia, TEI of Crete, 2011

A THESIS

submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree

MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF INFORMATICS
ENGINEERING

SCHOOL OF APPLIED TECHNOLOGY

TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE

2015

Approved by:

Major Professor
Demosthenes Akoumianakis

Copyright

VLACHAKIS GEORGIOS

2015

Abstract

During the last decade music collaboration has received substantial attention across a range of scholarships, including Human Computer Interaction (HCI) and Computer Supported Cooperative Work (CSCW), but the field is still wide open for further research and development. In contrast to commercially available stand-alone applications, collaborative toolkits are needed to provide sophisticated facilities for managing different types of data across a range of virtual work settings. In addressing this challenge, a key issue is the variety of representations in which music can be codified and the different affordances supported by each representation. For instance, audio, symbolic musical notations and textual descriptions are three popular music representations, with each affording different articulation and set of practices, thus making them appropriate for certain types of collaborative work in virtual settings.

Recently researchers [15] based on semiotics categorized virtual work on the grounds of what is being virtualized, the object of work and the operations through which distributed organizing takes place. This stream of research distinguishes between work as operating on, with and within or through representations. Accordingly, a variety of virtual work scenarios are envisaged and anchored as ‘virtual teams’, ‘remote control’ and ‘simulations’. Other research concentrates on the role of representations in remediating practices [18] and the socio-material features that shape collaborative computing across technological regimes, including Web 2.0 [33].

In the light of these theoretical threads, this thesis sets out to investigate and provide tools that support virtual work in a musical context. The key focus is on enabling remote users to co-engage [31] (both asynchronously and synchronously) in a mix of practices involving different representations so as to meet a joint agenda e.g., composing a piece of music, dictating lyrics on scores, learning music theory, etc. Of particular interest is to address issues related to synchronizing different music representations in conference settings and facilitate design-oriented challenges such as turn-taking for symbolic action, social translucence, activity awareness and interoperability of representations. These challenges are known to emerge in settings where participants need to streamline their efforts so as to coordinate operations. However, as the focus is on multi-site / multi-user co-engagements where participants need not

have the same understanding about music, or possess the same level of expertise, the implication of different representations to convey meaning is compelling. Then, supporting peer negotiation, activity awareness and interoperability across representations are of paramount importance and critical factors of success.

Περιεχόμενα

Copyright	ii
Abstract	iii
Περιεχόμενα.....	1
Πίνακας Εικόνων	3
Λίστα Πινάκων	5
Ευχαριστίες	6
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή	7
Κίνητρα.....	8
Επισκόπηση προβλήματος.....	8
Ερευνητικά ερωτήματα και πλαίσιο	9
Δομή και οργάνωση αναφοράς.....	10
Κεφάλαιο 2 - Θεωρητική θεμελίωση.....	12
Δικτυακή Μουσική Εκτέλεση	12
Εικονικές Ομάδες και εργασία υποστηριζόμενη από υπολογιστή	14
Ψηφιακές αναπαραστάσεις	16
Σύνοψη.....	18
Κεφάλαιο 3 - Επισκόπηση όρων, εννοιών και τεχνολογιών	19
Βασικοί όροι μουσικής Σημειογραφίας.....	19
Λογισμικό και βιβλιοθήκες μουσικής σημειογραφίας.....	23
Υπηρεσίες διαμοιρασμού και συγχρονισμού αρχείων.....	26
Σύνοψη.....	27
Κεφάλαιο 4 - Σχεδιασμός και Υλοποίηση	28
Αρχιτεκτονική.....	28
Augmentation- Εμπλουτισμός δυνατοτήτων JMusic	33
Expansion – Δημιουργία νέων διαδραστικών αντικειμένων	36
Integration- Ενσωμάτωση επιπλέον βιβλιοθηκών	38
Πρόσθετοι μηχανισμοί διαχείρισης επεκτάσεων	40
Διαχείριση γεγονότων & Συγχρονισμός Δεδομένων.....	44

Σύνοψη.....	50
Κεφάλαιο 5 - Επίδειξη εφαρμογής & Σενάριο Χρήσης	51
Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής και βασικές λειτουργίες	51
Σενάριο Χρήσης.....	54
Σύνοψη.....	63
Κεφάλαιο 6 - Επίλογος	64
Απαντώντας τα ερευνητικά ερωτήματα.....	64
Περιορισμοί, Επεκτάσεις και Μελλοντική εργασία	67
Βιβλιογραφία	70

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 3.1 Το μουσικό πεντάγραμμο	20
Εικόνα 3.2 Grand Stave μουσική αναπαράσταση	20
Εικόνα 3.3 Αξίες νοτών και παύσεων.....	21
Εικόνα 3.4 Συμβολισμός συγχορδιών.....	22
Εικόνα 3.5. Πολυχρωματικότητα κι πολυφωνία ένα πεντάγραμμο.....	23
Εικόνα 3.6 Η Score-roll μουσική αναπαράσταση	23
Εικόνα 3.7 Διεπαφή Impro-Visor	25
Εικόνα 3.8 Διεπαφή Sibelius	26
Εικόνα 4.1 Γενικό στιγμιότυπο συστήματος	29
Εικόνα 4.2 Στιγμιότυπο εφαρμογής και δεδομένα διασυννοριακού αντικειμένου	31
Εικόνα 4.3 Σταδιακή ροή εργασιών.....	33
Εικόνα 4.4 Εισαγωγή σχολίων και συγχορδιών	34
Εικόνα 4.5 Επεξεργασία ειδικών χαρακτηριστικών	36
Εικόνα 4.6 Δομή ψηφιακού πενταγράμμου.....	37
Εικόνα 4.7 Το ψηφιακό πεντάγραμμο	38
Εικόνα 4.8 Ανάκτηση σύνθεσης από το νέφος.....	39
Εικόνα 4.9 Διάλογος πρόσκλησης χρηστών	40
Εικόνα 4.10 Συνεργατική σύνθεση.....	41
Εικόνα 4.11 Κέρσορας Επισκόπησης.....	42
Εικόνα 4.12 Κέρσορας Επισήμανσης Προόδου	42
Εικόνα 4.13 ADialog	44
Εικόνα 4.14 Ανάκτηση Δεδομένων από το νέφος.....	45
Εικόνα 4.15 Καταγραφή γεγονότων	46
Εικόνα 4.16 Λήψη και αποστολή δεδομένων στο διασυννοριακό αντικείμενο.....	49
Εικόνα 4.17 Οπτικοποίηση γεγονότων.....	50
Εικόνα 5.1 Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής.....	51
Εικόνα 5.2 Εργαλειοθήκη εφαρμογής	54
Εικόνα 5.3 Εισαγωγή στοιχείων (αριστερά) και σύνδεση εφαρμογής με το νέφος (δεξιά)	54

Εικόνα 5.4 Δημιουργία τραγουδιού και εγκαθίδρυση σύνδεσης με το νέφος.....	55
Εικόνα 5.5 Προσαρμογή MusicSheet και παρουσίαση χρηστών	56
Εικόνα 5.6 Hangout μεταξύ των χρηστών	57
Εικόνα 5.7 Συνεργασία με τη χρήση διαφορετικών μουσικών αναπαραστάσεων	58
Εικόνα 5.8 Χρόνο-διαγραμματική αναπαράσταση έργου	59
Εικόνα 5.9 Αναπαράσταση και ερμηνεία γεγονότων	61
Εικόνα 5.10 Ενεργοποίηση-Απενεργοποίηση σχολίων	62
Εικόνα 5.11 Επισκόπηση εργασίας με τη χρήση διαφορετικών μουσικών αναπαραστάσεων.....	63

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1 Java βιβλιοθήκες μουσικής σημειογραφίας	24
---	----

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη στήριξη που μου παρείχε για την ολοκλήρωση των σπουδών μου. Επίσης ευχαριστώ τους καθηγητές μου κ. Ακουμιανάκη Δημοσθένη και κ. Ζέρβα Παναγιώτη για τη βοήθεια, την καθοδήγηση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τάσο Καλαεντζή για την πολύτιμη βοήθεια την οποία προσέφερε στην υλοποίηση επιμέρους λειτουργιών της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η δικτυακή μουσική εκτέλεση βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος διαφορετικών ερευνητικών περιοχών, μεταξύ των οποίων βρίσκονται η αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή (Human Computer Interaction, HCI) και η συνεργασία που υποστηρίζεται από υπολογιστή (Computer Supported Cooperative Work /CSCW). Η δικτυακή μουσική εκτέλεση (ΔΜΕ) ορίζεται ως η δυνατότητα γεωγραφικά απομακρυσμένων μουσικών να πραγματοποιήσουν μια μουσική εκτέλεση σαν να βρίσκονταν στο ίδιο χώρο. Ο αρχικός ορισμός της έννοιας προήλθε από τον Lazzaro ο οποίος προσδιόρισε τη ΔΜΕ ως: *“η δικτυακή μουσική εκτέλεση λαμβάνει χώρα όταν μουσικοί, οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες, αλληλεπιδρούν μέσω δικτύου και παίζουν μουσική σαν να βρίσκονταν στο ίδιο δωμάτιο”* [25]. Έκτοτε τα ΔΜΕ συστήματα και κατ’ επέκταση η μουσική συνεργασία υποστηριζόμενη από υπολογιστή έχει λάβει μια ευρύτερη έννοια κυρίως επηρεαζόμενη από τη ραγδαία ανάπτυξη του Internet και τις αυξανόμενες ταχύτητες του, καθώς και την εμφάνιση νέων διαφορετικών μουσικών οργάνων (φυσικών ή εικονικών). Συνεπώς στη σχετική βιβλιογραφία γύρω από τον όρο ΔΜΕ συναντώνται συστήματα για δικτυακή μουσική εκτέλεση συστήματα μουσικής σύνθεσης, αυτοσχεδιασμού κ.α.

Με την εξασφάλιση των βασικών προϋποθέσεων υλοποίησης στοιχειωδώς αποδεκτών ΔΜΕ, η ερευνητική ατζέντα διευρύνθηκε προκειμένου να βελτιωθεί η εμπειρία των χρηστών και το εύρος της υποστηριζόμενης συνεργατικής συμπεριφοράς. Στο πλαίσιο αυτό υπήρξαν σειρά ερευνητικών δράσεων με στόχο τη δημιουργία εργαλείων (π.χ. δομημένες γλώσσες) και αρχιτεκτονικών διατάξεων (π.χ., Laptop ensembles, live orchestras) που θα υποστηρίζουν ένα εύρος εικονικών εργασιών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρουν παρουσιάζουν η εκτέλεση συνεργατικού έργου μεταξύ εταίρων που βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία και συνεργάζονται αποκλειστικά με ηλεκτρονικά μέσα. Η συνεργασία αυτού του είδους λαμβάνει διάφορες μορφές είτε μέσω εφαρμογών οι οποίες βασίζονται σε γρήγορες συνδέσεις Internet για την προσομοίωση της ύπαρξης τους σα να βρίσκονταν στο ίδιο δωμάτιο, είτε μέσω εναλλακτικών μουσικών οργάνων. Τα τελευταία χρόνια έχει επίσης αναπτυχθεί μια τάση δημιουργίας κοινωνικών χώρων επιτέλεσης μουσικής εργασίας (social workspaces) όπως το Kompoz τα οποία απευθύνονται σε μουσικούς και μουσικοσυνθέτες επιτρέποντας τους να διατηρούν ένα

κοινωνικό προφίλ μέσω του οποίου διαμοιράζονται τη μουσική τους και ζητούν από τους άλλους χρήστες να συνεισφέρουν σε αυτά. Οι τάσεις αυτές τροφοδοτούν νέες θεωρήσεις για τη δικτυακή μουσική εκτέλεση (Network Music Performance) στις οποίες κυριαρχεί η έννοια της εικονικής εργασίας και των συνθηκών που την προάγουν πριν, κατά τη διάρκεια ή και μετά από την επιτέλεση μουσικών καθηκόντων.

Κίνητρα

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εδράζεται στην ανάγκη θεμελίωσης της δικτυακής μουσικής εκτέλεσης ως εικονικής εργασίας μεταξύ εταίρων που συμπράττουν για την από κοινού υλοποίηση στόχων. Υπό αυτή την έννοια τα βασικά κίνητρα περιλαμβάνουν:

- Τη διεισδυτική θεώρηση των χαρακτηριστικών διαδικτυακών μουσικών συμπράξεων που τις καθιστούν διακριτή κατηγορία συνεργατικού έργου.
- Την ανάλυση των τεχνουργημάτων που διαμεσολαβούν την εκτέλεση συνεργατικού έργου και των εργαλείων που υποστηρίζουν τέτοια διαμεσολάβηση.
- Την τεκμηρίωση των απαιτήσεων συγχρονισμένης επιτέλεσης μουσικού έργου από εταίρους με διαφορετικούς ρόλους, δεξιότητες και υπόβαθρο.
- Την ανάδειξη καινοτόμων αρχιτεκτονικών διατάξεων που μπορούν να υποστηρίξουν εικονική μουσική εργασία μεταξύ εταίρων με τη χρήση σύγχρονων εργαλείων και υπηρεσιών.

Επισκόπηση προβλήματος

Η δικτυακή μουσική εκτέλεση εμπλέκει τους μουσικούς με τη χρήση πολλαπλών μέσων και τεχνολογιών (ηχογραφήσεις, οπτικές αναπαραστάσεις μουσικής κ.α.) για να επιτύχουν τους στόχους τους. Μια ΔΜΕ συνήθως αποτελείται από μέλη τα οποία συναντώνται σε κάποιο ψηφιακό χώρο ο οποίος προσομοιάζει ένα στούντιο ηχογράφησης, στην περίπτωση ηχογράφησης ενός υπάρχοντος έργου, μια μουσική σκηνή σε περιπτώσεις μουσικής εκτέλεσης, ή μια αίθουσα διδασκαλίας σε περιπτώσεις μουσικής μάθησης. Πριν τη διεξαγωγή μιας ΔΜΕ τα μέλη των εικονικών αυτών ομάδων μπορούν να συνεργαστούν για διάφορα θέματα τα οποία αφορούν τη ΔΜΕ η οποία πρόκειται να λάβει χώρα. Ωστόσο στη σχετική βιβλιογραφία

παρατηρείται μια σχετική έλλειψη στη μελέτη των δραστηριοτήτων οι οποίες λαμβάνουν χώρα πριν την μουσική εκτέλεση.

Ένα δεύτερο ζήτημα που αποκτά ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι ότι οι χρήστες συστημάτων μουσικής συνεργασίας διαφέρουν ως προς τη γνώση της μουσικής θεωρίας, πράγμα που καθιστά κάποιες εφαρμογές κατάλληλες οι ακατάλληλες για αυτούς ανάλογα με την κατανόηση την οποία διαθέτουν. Βασικό στοιχείο της καταλληλότητας ή όχι μιας εφαρμογής είναι οι μουσικές αναπαραστάσεις οι οποίες υποστηρίζονται [21]. Για παράδειγμα στην περίπτωση της εκτέλεσης ενός μουσικού έργου για κιθάρα, η επίσημη μουσική αναπαράσταση (το κλασικό πεντάγραμμο) προτιμάται κυρίως από τους χρήστες οι οποίοι έχουν τις βασικές τουλάχιστον γνώσεις μουσικής θεωρίας, ενώ η Guitar TAB αναπαράσταση προτιμάται από λιγότερο έμπειρους κιθαρίστες. Είναι λοιπόν αντιληπτό ότι η επιλογή της μουσικής αναπαράστασης είναι πολύ σημαντική για την υλοποίηση τέτοιων εφαρμογών, και επομένως η δυνατότητα χειρισμού εναλλακτικών αναπαραστάσεων από συστήματα που υποστηρίζουν τη συνεργασία μουσικών προβάλλει ως ιδιαίτερη απαίτηση. Ειδικότερα και σε αντίθεση με τις κυριότερες εμπορικές εφαρμογές οι οποίες υπάρχουν σήμερα, τα συνεργατικά εργαλεία απαιτείται να προσφέρουν εξελιγμένους τρόπους διαχείρισης δεδομένων σε διάφορα εικονικά περιβάλλοντα. Για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης ένα βασικό ζήτημα είναι η υποστήριξη πολλαπλών μουσικών αναπαραστάσεων, μέσω των οποίων καθίσταται δυνατή η χρήση μιας εφαρμογής από χρήστες με διαφορετικό μουσικό υπόβαθρο. Συνεπώς η ύπαρξη και ο συγχρονισμός πολλαπλών μουσικών αναπαραστάσεων, καθώς και η υλοποίηση μηχανισμών για την υποστήριξη της αμοιβαίας σύμπραξης [31], της επίγνωσης εταίρων [41] και των πράξεων τους [26] είναι απαραίτητα στοιχεία μιας τέτοιας εφαρμογής.

Ερευνητικά ερωτήματα και πλαίσιο

Από τα παραπάνω προκύπτουν βασικά ερωτήματα προς διερεύνηση, τα οποία στα πλαίσια της παρούσας μελέτης αφορούν:

- Ποια τεχνουργήματα και με ποιο τρόπο αποτυπώνουν το προς εκτέλεση έργο με τρόπο που να αναδεικνύονται τα ατομικά και συλλογικά χαρακτηριστικά ενός μουσικού έργου ?

- Τι είδους ψηφιακές δομές και αναπαραστάσεις κρίνονται κατάλληλες για να αποτυπώσουν τη συνεργασία μεταξύ μουσικών με διαφορετικό μουσικό υπόβαθρο ?
- Ποιες είναι οι απαιτήσεις ενός σύγχρονου διαδραστικού συστήματος που υποστηρίζει επιλεγμένα συνεργατικά καθήκοντα μεταξύ εταίρων που συμπράττουν είτε ασύγχρονα είτε σύγχρονα ?

Η προσέγγιση που υιοθετείται για την διερεύνηση των παραπάνω ερωτημάτων βασίζεται στη μελέτη περίπτωσης χρήσης και την αξιοποίηση πειραματικών πρωτοτύπων για τη διερευνητική αξιολόγηση δυνατοτήτων και σεναρίων χρήσης. Η μελέτη περίπτωσης αποτελεί καθιερωμένη και προβεβλημένη μέθοδο διερεύνησης ενός προβλήματος. Με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών συλλογής δεδομένων, η μελέτη περίπτωσης μπορεί να προσφέρει πλούσιο εμπειρικό υλικό, το οποίο συχνά μπορεί να τροφοδοτήσει και σχεδιαστικούς στόχους κατά την κατασκευή νέων συστημάτων. Στην περίπτωσή μας, η μελέτη περίπτωσης προέρχεται από ένα ερευνητικό έργο το οποίο βρίσκεται σε εξέλιξη κατά τη φάση υλοποίησης της παρούσας εργασίας. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της μελέτης περίπτωσης που μελετούμε είναι ότι δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο σύστημα προς διερεύνηση. Αντίθετα, η ανάπτυξη του συστήματος είναι ζητούμενο το οποίο αντλεί σχεδιαστικά τεκμήρια από την ανάλυση περιπτώσεων χρήσης μουσικής συνεργασίας. Για το σκοπό αυτό, η χρήση πειραματικών πρωτοτύπων κρίθηκε απαραίτητη και αξιοποιήθηκε κατά κόρον σε όλες τις φάσεις υλοποίησης της εργασίας.

Δομή και οργάνωση αναφοράς

Η διπλωματική εργασία είναι δομημένη ως εξής:

Το **Κεφάλαιο 2** αποτελεί μία σύντομη βιβλιογραφική έρευνα γύρω από τη δικτυακή μουσική εκτέλεση (ΔΜΕ) ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει τις κυριότερες εργασίες που έχουν γίνει κατά το παρελθόν κατηγοριοποιώντας τις σε δυο κύριες κατηγορίες οι οποίες εμφανίζονται στη σχετική βιβλιογραφία (Κεφάλαιο 2.1). Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι έννοιες των εικονικών ομάδων καθώς και της εικονικής εργασίας (Κεφάλαιο 2.3) ενώ στη συνέχεια μελετώνται οι ψηφιακές μουσικές αναπαραστάσεις, αξιολογώντας τα affordances τα οποία προσφέρουν (Κεφάλαιο 2.4).

Στο **Κεφάλαιο 3** αναλύονται κεντρικές έννοιες και οι βασικοί όροι μουσικής σημειογραφίας οι οποίες συναντώνται σε αυτή τη διπλωματική εργασία (Κεφάλαιο 3.1).

Ακολουθώντας, επιχειρείται μια επισκόπηση τεχνολογικών εργαλείων που αξιοποιήθηκαν κατά τις διάφορες φάσεις υλοποίησης και οι οποίες υποστηρίζουν το διαμοιρασμό και το συγχρονισμό μουσικών αρχείων (Κεφάλαιο 3.2). Το κεφάλαιο καταλήγει (Κεφάλαιο 3.3) παρουσιάζοντας τις διαθέσιμες βιβλιοθήκες μουσικής σημειογραφίας και τα κυριότερά συστήματα υποστήριξης μουσικής σύνθεσης.

Το **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζει μια αναλυτική περιγραφή της υλοποίησης η οποία έγινε για την υποστήριξη της εικονικής εργασίας στα πλαίσια της απομακρυσμένης μουσικής σύνθεσης. Πιο αναλυτικά, αρχικά παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική της εφαρμογής (Κεφάλαιο 4.1) επεξηγώντας τον τρόπο λειτουργίας της και τις κεντρικές οντότητες που εμπλέκονται. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τροποποιήσεις οι οποίες έγιναν σε open source βιβλιοθήκες εμπλουτίζοντας τις δυνατότητες τους (Κεφάλαιο 4.2), τα νέα διαδραστικά αντικείμενα τα οποία δημιουργήθηκαν (Κεφάλαιο 4.3) καθώς και τις εξωτερικές βιβλιοθήκες οι οποίες ενσωματώθηκαν για την υποστήριξη συγκεκριμένων λειτουργιών όπως ο διαμοιρασμός αρχείων (Κεφάλαιο 4.4). Τέλος παρατίθενται οι βοηθητικοί μηχανισμοί οι οποίοι υποστηρίζουν την εμπειρία του χρήστη (Κεφάλαιο 4.5) ενώ καταλήγει παρουσιάζοντας τον τρόπο που επιτυγχάνεται ο συγχρονισμός των χρηστών (Κεφάλαιο 4.6).

Στο **Κεφάλαιο 5** αρχικά παρουσιάζεται η εφαρμογή η οποία υλοποιήθηκε για την υποστήριξη της συνεργατικής μουσικής σύνθεσης επιδεικνύοντας τις βασικές της λειτουργίες (Κεφάλαιο 5.1). Η παρούσα υλοποίηση επιτρέπει τη σύνθεση μουσικής μεταξύ δυο χρηστών, οι οποίοι έχουν δικαίωμα να εισάγουν κι να επεξεργάζονται νότες. Τέλος παρουσιάζεται ένα εικονογραφημένο σενάριο χρήσης αυτής (Κεφάλαιο 5.2).

Τέλος το **Κεφάλαιο 6** αποτελεί τον επίλογο αυτής της πτυχιακής εργασίας. Αρχικά συζητά κάποιες παρατηρήσεις που αφορούν της συγκεκριμένη υλοποίηση και εξετάζει εάν η παρούσα διπλωματική εργασία κατόρθωσε να απαντήσει στα ερωτήματα που έθεσε αρχικά. Τέλος καταλήγει προτείνοντας μελλοντικές επεκτάσεις.

Κεφάλαιο 2 - Θεωρητική θεμελίωση

Η προσπάθεια υλοποίησης συστημάτων δικτυακής μουσικής εκτέλεσης πρωτοεμφανίζεται στα μέσα της δεκαετίας του '70 [19], ουσιαστική όμως εξέλιξη σε αυτά τα συστήματα παρατηρείται κυρίως την τελευταία δεκαετία. Τα εμπόδια τα οποία προκύπτουν κατά την υλοποίηση τέτοιων συστημάτων είναι κυρίως προβλήματα τα οποία εντοπίζονται στη διασύνδεση των εταίρων, οι καθυστερήσεις που πιθανόν να υπάρχουν στην επικοινωνία τους καθώς και η επίτευξη του συγχρονισμού μεταξύ των χρηστών. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον για συστήματα δικτυακής μουσικής εκτέλεσης (Network Music Performance NMP- ΔΜΕ), ενώ παράλληλα τα συστήματα υποστήριξης μεμονωμένης (ατομικής) μουσικής σύνθεσης ή εκτέλεσης προσφέρουν ολοένα αυξανόμενες υπηρεσίες στους χρήστες τους.

Δικτυακή Μουσική Εκτέλεση

Μελετώντας τη σχετική βιβλιογραφία της δικτυακής μουσικής εκτέλεση προκύπτει ένας μεγάλος αριθμός συστημάτων τα οποία ικανοποιούν διαφορετικούς σκοπούς χρήσης. Οι διαφορετικοί σκοποί οι οποίοι συναντώνται αφορούν: α) μουσική εκτέλεση, β) μουσική σύνθεση, γ) εκμάθηση μουσικής και δ) το μουσικό αυτοσχεδιασμό. Κατά το πρόσφατο παρελθόν δυο εργασίες επικεντρώθηκαν στην κατηγοριοποίηση τέτοιων συστημάτων, αναγνωρίζοντας κατηγορίες ΔΜΕ συστημάτων, καταγράφοντας παράλληλα τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργεί η κάθε προσέγγιση.

Η πρώτη εργασία [2] αναγνώρισε τέσσερις τύπους συστημάτων οι οποίοι ονομάζονται: *Local Inter-Connected Musical Networks (LCN)*, *Composition Support Systems (CSS)*, *Remote Music Performance Systems (RMP)* and *Shared Sonic Environments (SSE)*. Τα LCN συστήματα βασίζονται κυρίως σε τοπικές συνδέσεις δικτύου υψηλής ταχύτητας και συνήθως είναι μουσικά όργανα πολλαπλών χρηστών ή Tabletops [39][25]. Η CSS κατηγορία περιέχει συστήματα τα οποία προορίζονται για την υποστήριξη μουσικής σύνθεσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις υποστηρίζουν την κλασική μουσική κατάδειξη προσφέροντας μουσικά πετάγραμματα (scores) πάνω στα οποία οι χρήστες συνθέτουν την μουσική τους [32]. Στη συγκεκριμένη κατηγορία, τελευταία έχουν κάνει την εμφάνιση τους αρκετά Web 2.0 εργαλεία και websites τα οποία

προσφέρουν ένα κοινό τόπο για μουσική σύνθεση, κυρίως μέσω file sharing. Τα RMP συστήματα [10][17][27][20][8][42] απευθύνονται στη δικτυακή μουσική εκτέλεση με τη χρήση φυσικών οργάνων ενώ βασίζονται σε γρήγορες p2p συνδέσεις και το MIDI πρωτόκολλο για την επικοινωνία μεταξύ των απομακρυσμένων χρηστών. Η τελευταία κατηγορία (SSE) [38][1][32] απευθύνεται κυρίως σε χρήστες οι οποίοι αναζητούν τον αυτοσχεδιασμό και τον πειραματισμό πάνω σε μουσικά κομμάτια. Είναι επίσης κατάλληλα για αρχάριους χρήστες αφού στις περισσότερες περιπτώσεις δεν απαιτούν τη χρήση πραγματικού μουσικού οργάνου ή τη γνώση θεωρίας της μουσικής.

Τα συστήματα που περιγράφηκαν παραπάνω δεν προϋποθέτουν την ύπαρξη φυσικών οργάνων [5][40][22], αλλά προσεγγίζουν τη ΔΜΕ από μια διαφορετική σκοπιά, χρησιμοποιώντας τεχνολογικά εργαλεία που τους προσφέρονται. Τα συστήματα που βασίζονται αποκλειστικά στη χρήση φυσικών μουσικών οργάνων σχεδιάζονται με τρόπο τέτοιο ώστε να αντιμετωπίσουν τις υψηλές απαιτήσεις υποστήριξης του συγχρονισμού των χρηστών τους, κυρίως ως προς τη καθυστέρηση που υπάρχει μεταξύ αυτών. Κατά το παρελθόν έχει οριστεί το όριο των 25 millisecond ως το ανώτατο όριο καθυστέρησης (Ensemble Performance Threshold, EPT) [9] το οποίο επιτρέπει το συγχρονισμό δυο χρηστών. Αν προσπαθήσουμε να ερμηνεύσουμε το EPT και την επίδραση που έχει στη μουσική εκτέλεση στον πραγματικό κόσμο, μπορούμε να φανταστούμε το εξής ενδεικτικό σενάριο: Δυο μουσικοί (ή ένα μουσικό συγκρότημα) οι οποίοι θέλουν να παίξουν ένα τραγούδι χρησιμοποιώντας αποκλειστικά τα φυσικά μουσικά τους όργανα, χωρίς τη χρήση ακουστικών, ηχείων ή άλλων τεχνολογικών μέσων, θα πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 8,5 μέτρων (27,5 πόδια) ο ένας από τον άλλο για να καταφέρουν να συγχρονιστούν, να έχουν δηλαδή μέγιστη καθυστέρηση 25 ms.

Στη δεύτερη κατηγοριοποίηση ΔΜΕ συστημάτων [4] περιέχονται συστήματα στα οποία οι χρήστες χρησιμοποιούν αποκλειστικά φυσικά μουσικά όργανα. Η κατηγοριοποίηση αυτή εντοπίζει και παρουσιάζει έξι διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους λειτουργούν υπάρχοντα ΔΜΕ συστήματα με κριτήριο κατηγοριοποίησης την ελάχιστη καθυστέρηση η οποία χαρακτηρίζει την κάθε προσέγγιση, και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται ο συγχρονισμός των χρηστών (εάν υπάρχει συγχρονισμός). Οι έξι κατηγορίες αυτές ονομάζονται: Realistic Interaction Approach (RIA), Master Slave Approach (MSA), Laid Back Approach (LBA),

Delayed Feedback Approach (DFA), Latency Accepting Approach (LAA) και Fake time Approach (FTA).

Η κατηγορία των RIA συστημάτων αναφέρεται σε συστήματα τα οποία προορίζονται για την υποστήριξη συνεργασίας σε πραγματικό χρόνο μεταξύ δυο ή περισσότερων εταίρων. Τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερος απαιτητικά, αφού για την υποστήριξη του σκοπού τους απαιτείται μέγιστη καθυστέρηση ίση με το EPT. Η MSA κατηγορία, είναι λιγότερο απαιτητική ως προς τη μέγιστη επιτρεπόμενη καθυστέρηση καθώς η συνεργασία μεταξύ των μουσικών μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και με όριο μεγαλύτερο του EPT. Αυτός ο τύπος συστημάτων είναι κατάλληλος περιπτώσεις στις οποίες οι μουσικοί δεν αναπαράγουν ακριβώς την ίδια μελωδία αλλά κάθε ένας έχει το δικό του μέρος να εκτελέσει. Για παράδειγμα οι μπασίστες έχουν ένα πιο παθητικό ρόλο σε μια μουσική εκτέλεση. Η μουσική που αναπαράγουν ακούγεται στο υπόβαθρο και η συνεισφορά του μπάσου στη μουσική την κάνει να ακούγεται πιο πλήρης. Σε τέτοιες περιπτώσεις τα master-slave συστήματα μπορούν να υποστηρίξουν συγχρονισμό μεταξύ των απομακρυσμένων χρηστών. Ο αφέντης είναι υπεύθυνος για να κρατήσει τη “βάση” του τραγουδιού (μπάσο), αγνοώντας τον ήχο του υπηρέτη, από την άλλη μεριά ο υπηρέτης βασίζεται στον ήχο του αφέντη και συγχρονίζεται με αυτόν. Παρόμοιος τρόπος λειτουργίας ισχύει και για την LBA κατηγορία συστημάτων, με μόνη διαφορά να είναι ο ρόλος του master ο οποίος δίνεται στο χρήστη ο οποίος αναπαράγει τη μελωδία. Στις δύο προηγούμενες κατηγορίες ο slave είναι πλήρως συγχρονισμένος ενώ ο master έχει μεγάλη καθυστέρηση. Τα DFA συστήματα αυξάνουν την καθυστέρηση του slave έτσι τα δυο άκρα έχουν ακριβώς την ίδια καθυστέρηση προσομοιάζοντας ένα RIA σύστημα. Τέλος η LAA κατηγορία συστημάτων δεν επικεντρώνεται στην επίλυση της καθυστέρησης. Τέτοια συστήματα δεν υποστηρίζουν συνεργασία σε πραγματικό χρόνο. Παρόλα αυτά ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται με τη διαίρεση της μουσικής σε επιμέρους μέτρα. Κατά την εκτέλεση της μουσικής ο κάθε μουσικός παίζει ακούγοντας το προηγούμενο μέτρο που έπαιξαν οι άλλοι μουσικοί.

Εικονικές Ομάδες και εργασία υποστηριζόμενη από υπολογιστή

Η εξέλιξη των επικοινωνιών ευνόησε τη σύσταση εικονικών ομάδων, οι οποίες είναι σε θέση να συσταθούν, να διαχειριστούν και να παράξουν αποτελέσματα, ενώ τα μέλη της είναι γεωγραφικά απομακρυσμένα μεταξύ τους [7]. Η έννοια των ομάδων από τη σχετική βιβλιογραφία ορίζεται ως “*μια συλλογή ατόμων τα οποία: α) είναι αλληλεξαρτώμενα στις εργασίες*

τους, β) μοιράζονται την ευθύνη των αποτελεσμάτων τους, γ) βλέπουν τους εαυτούς τους και βλέπονται από άλλους σε μια ακέραια κοινωνική οντότητα σε ένα ή περισσότερα κοινωνικά συστήματα και δ) διαχειρίζονται τη σχέση τους σε ένα σύνολο σχετικών οργανισμών” [36]. Αν και αυτός ο ορισμός φαίνεται αρκετός να περιγράψει τόσο τις παραδοσιακές όσο και τις εικονικές ομάδες υπάρχουν εναλλακτικοί ορισμοί οι οποίοι υιοθετούν πιο αυστηρά κριτήρια για τον ορισμό των εικονικών ομάδων. Ένας τέτοιος ορισμός έγινε αργότερα αναφέροντας ότι “οι εικονικές ομάδες είναι οργανωτικά και χρονολογικά διασκορπισμένες, συγκροτούμενες από τεχνολογίες πληροφορικής για να ολοκληρώσουν ένα ή περισσότερα οργανωτικά καθήκοντα” [37].

Ειδικά για την περίπτωση των εικονικών ομάδων, η πρόσφατη βιβλιογραφία βασιζόμενη στη σημειολογία (semiotics) διαχωρίζει τις έννοιες της ψηφιοποίησης (digitization) και της εικονικότητας (virtuality). Σύμφωνα με αυτό το διαχωρισμό η ψηφιοποίηση αναφέρεται στη ψηφιακή αποτύπωση φυσικών φαινομένων με τη χρήση υπολογιστή, ενώ η εικονικότητα αναφέρεται στη χρήση αναπαραστάσεων οι οποίες αντιπροσωπεύουν, και σε μερικές περιπτώσεις αντικαθιστούν πλήρως, τα αντικείμενα τα οποία αντιπροσωπεύουν. Έτσι η εικονική εργασία αφορά δραστηριότητες που πραγματοποιούν οι χρήστες μέσω αναπαραστάσεων (operating with), πάνω σε αυτές (operating on), διαμέσου αυτών (operating through) ή μεταξύ αυτών (operating within) [15].

Η περίπτωση εργασίας πάνω σε αναπαραστάσεις (operating on) συναντάται σε περιπτώσεις όπου οι αναπαραστάσεις είναι από μόνες τους αντικείμενα τα οποία επιδέχονται επεξεργασία. Η σύνθεση ενός τραγουδιού χρησιμοποιώντας ένα μουσικό όργανο και τον υπολογιστή για την καταγραφή της μουσικής είναι ένα παράδειγμα τέτοιου τύπου εργασίας. Ο υπολογιστής καταγράφει τη μουσική η οποία αναπαράγεται από το χρήστη και με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού μετατρέπεται σε ψηφιακό πεντάγραμμα η κάποιο αρχείο ήχου. Το αρχείο αυτό πλέον αποτελεί από μόνο του ένα τεχνούργημα το οποίο αντιπροσωπεύει την εργασία του χρήστη, επιτρέποντας του να το χειριστεί ποικιλοτρόπως στη συνέχεια (αναπαραγωγή, επεξεργασία, κ.α.). Στην περίπτωση εργασίας μέσω αναπαραστάσεων οι ψηφιακές αναπαραστάσεις αντικαθιστούν πλήρως το αντικείμενο το οποίο αντιπροσωπεύουν, όπως για παράδειγμα συμβαίνει σε μια συνομιλία μεταξύ δυο ανθρώπων οι οποίοι ανταλλάσσουν email. Ο λογαριασμός ο οποίος δημιουργεί ο χρήστης για να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, αποτελεί την ψηφιακή του ταυτότητα η οποία αντικαθιστά τη φυσική του παρουσία σε μια συνομιλία.

Η εργασία μέσω/διαμέσου αναπαραστάσεων αναφέρεται σε περιπτώσεις όπου μια ψηφιακή αναπαράσταση εξυπηρετεί το σκοπό της τροποποίησης του αντικειμένου που αναπαρίσταται με άμεσο και έμμεσο τρόπο, από ατομική ή ομαδική εργασία. Με άλλα λόγια η εργασία διαμέσου αναπαραστάσεων εισάγει την έννοια του απομακρυσμένου ελέγχου (remote control), ωστόσο σε περιπτώσεις ομαδικής εργασίας απαιτούνται μηχανισμοί οι οποίοι εξασφαλίζουν βασικές αρχές για την ύπαρξη ομαδικής εργασίας όπως η επίγνωση της παρουσίας εταίρων (social translucence) [41] ή/και επίγνωση της δραστηριότητας τους (activity awareness) [26]. Τέλος, τελευταίος τύπος εικονικής εργασίας είναι αυτή όπου το έργο υλοποιείται μεταξύ αναπαραστάσεων. Και αυτή η περίπτωση εμπεριέχει τις ίδιες βασικές αρχές που αναφέρθηκαν προηγουμένα (π.χ. επίγνωση εταίρων και της δραστηριότητας τους), ενώ επιπλέον εισάγει την έννοια της προσομοίωσης. Σε αυτό τον τύπο εργασίας δεν αποτελεί μόνο αυστηρή προϋπόθεση η ταυτόχρονη σύμπραξη των συνεργατών όσο και η δυνατότητα προσομοίωσης τους μέσω των αναπαραστάσεων. Παράδειγμα τέτοιας εργασίας μπορεί να θεωρηθεί η χρήση εναλλακτικών τεχνικών προσομοίωσης για την εμπέδωση / υλοποίηση κοινού έργου από τους εμπλεκόμενους εταίρους.

Ψηφιακές αναπαραστάσεις

Οι ψηφιακές αναπαραστάσεις θεωρούνται αναπόσπαστο κομμάτι της μουσικής σημειογραφίας. Το πλήθος των μουσικών αναπαραστάσεων οι οποίες έχουν εμφανιστεί τα τελευταία χρόνια, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες (sound, notation, control), ανάλογα με το σκοπό τον οποίο εξυπηρετούν. Η πρώτη κατηγορία εστιάζεται σε αρχεία τα οποία αναπαριστούν τον πραγματικό ήχο, ενώ η δεύτερη περιέχει μορφές αρχείων οι οποίες είναι ιδανικές για την αναπαράσταση αρχείων μουσικής σημειογραφίας, κυρίως ψηφιακών πενταγράμμων. Τέλος η τρίτη κατηγορία αναπαραστάσεων επικεντρώνεται στη δυνατότητα αναπαραγωγής της μουσικής ή των πενταγράμμων από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή..

Η ικανότητα ή όχι μιας αναπαράστασης να υποστηρίξει ένα τύπο εργασίας εξαρτάται από τα affordances τα οποία προσφέρει. Η έννοια των affordances εισήχθη αρχικά από τον ψυχολόγο Gibson [23][24], σύμφωνα με τον οποίο η αντίληψη μας για το περιβάλλον αναπόφευκτα οδηγεί σε κάποιο σχέδιο δράσης. Τα affordances, όμοια με τις ενδείξεις στο περιβάλλον δείχνουν δυνατότητες δράσης, οι οποίες είναι αντιληπτές με τρόπο άμεσο χωρίς αισθητηριακή επεξεργασία. Για παράδειγμα τα πόμολα υπάρχουν και μας παρακινούν να τα

γυρίσουμε, οι λαβές να τις τραβάμε κ.ο.κ. Αργότερα ο Norman [11] [12], οικειοποιούμενος τον όρο των affordances τον εισήγαγε στην κοινότητα της διεπαφής χρήστη-υπολογιστή (HCI). Σε αντίθεση με τον Gibson η ερμηνεία του όρου δεν αναλώνεται στις ενέργειες τις οποίες μπορεί να κάνει κάποιος, αλλά επηρεάζεται από το σκοπό τον οποίο προσπαθεί να επιτύχει, καθώς και από παρελθοντικές του εμπειρίες. Με άλλα λόγια, κατά τον Norman ο όρος των affordances μας δείχνει τον «ιδανικό» τρόπο με τον οποίο μπορούμε να αλληλοεπιδράσουμε με ένα αντικείμενο.

Εξετάζοντας τις προαναφερόμενες μουσικές αναπαραστάσεις βάσει των affordances τα οποία προσφέρουν είναι εύκολα αντιληπτό ότι κάθε μια εκπληρώνει διαφορετικές ανάγκες, ενώ σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει ανάγκη για χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων. Για παράδειγμα τα αρχεία ήχου είναι η καταλληλότερη και πιο εκφραστική αναπαράσταση, για την απόδοση ενός τραγουδιού, υστερεί όμως κατά τη διάρκεια της μουσικής σύνθεσης αφού δεν προσφέρεται για επεξεργασία της μουσικής την οποία αποτυπώνει. Από την άλλη πλευρά η γραφική μουσική αναπαράσταση προσφέρει εργαλεία όπως εικονικά πεντάγραμμα και midiRolls τα οποία είναι κατάλληλα για την υποστήριξη της μουσικής σύνθεσης, επιτρέποντας στους χρήστες της να επεξεργαστούν την μουσική την οποία συνθέτουν με διάφορα μέσα όπως MIDI όργανα, χρήση ειδικού λογισμικού και άλλα. Η απόδοση της μουσικής σε MIDI αρχεία εξυπηρετεί τη χρήση της μουσικής σημειογραφίας από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές καθώς μπορούν εύκολα να τα διαχειριστούν. Τέλος η αναπαράσταση της μουσικής βασιζόμενη σε XML αρχεία επιτρέπει τον εμπλουτισμό της περιεχόμενης πληροφορίας. Από τη φύση τους τα XML αρχεία είναι κατάλληλα για την αποθήκευση κάθε είδους πληροφορίας προσφέροντας μία ιεραρχική οπτική οργάνωσης των δεδομένων. Επιπλέον επιτρέπουν στους χρήστες τους να τα εμπλουτίσουν προσθέτοντας τις δικές τους ετικέτες (XML tags). Το ιδίωμα γλώσσας MusicXML [29][29] βασίζεται στη γλώσσα σήμανσης XML και δημιουργήθηκε με σκοπό να υποστηρίξει τη μουσική σύνθεση, ενώ παράλληλα είναι ιδανικό για το διαμοιρασμό της μουσικής λόγω του μικρού απαιτούμενου χώρου αποθήκευσης. Σήμερα το MusicXML αποτελεί πρότυπο και χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των εφαρμογών μουσικής σύνθεσης.

Σύνοψη

Το κεφάλαιο αυτό παρουσίασε τη σχετική βιβλιογραφία γύρω από τη δικτυακή μουσική εκτέλεση, τη συγκρότηση εικονικών ομάδων και τις εναλλακτικές αναπαραστάσεις που αξιοποιούνται για την ομαδική μουσική εργασία είτε σε συμβατικά είτε ψηφιακά μέσα. Αρχικά, συνοψίσαμε τις δύο βασικές κατηγορίες συστημάτων δικτυακής μουσικής εκτέλεσης – δηλαδή συστήματα βασιζόμενα στη χρήση υπολογιστή και χρήση φυσικών οργάνων. Στη συνέχεια διερευνήθηκε ο όρος των εικονικών ομάδων και επιχειρήθηκε μια αρχική κωδικοποίηση των τύπων εικονικής εργασίας που υλοποιείται με τη χρήση Η/Υ και ψηφιακών αναπαραστάσεων. Με βάση τα παραπάνω καταλήξαμε στη διαπίστωση της κρισιμότητας των affordances επιλεγμένων ψηφιακών αναπαραστάσεων και του ρόλου τους στο πλαίσιο της εικονικής μουσικής εργασίας.

Κεφάλαιο 3 - Επισκόπηση όρων, εννοιών και τεχνολογιών

Σε αυτό κεφάλαιο είναι χρήσιμο να παρουσιαστούν βασικές έννοιες οι οποίες χρησιμοποιούνται στην συνέχεια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Ειδικότερα παρουσιάζονται βασικοί όροι της μουσικής σημειογραφίας καθώς και υπάρχουσες βιβλιοθήκες οι οποίες δημιουργήθηκαν για την υποστήριξη τους. Η μουσική σημειογραφία με τη χρήση πενταγράμμων αποτελεί ένα ισχυρό σύστημα για την κατάδειξη μουσικής το οποίο αποτελεί τον επίσημο τρόπο αποτύπωσης μουσικής. Όπως το γλωσσικό σύστημα, αποτελείται από κανόνες και υπακούει σε κάποιους «γραμματικούς» κανόνες. Τα πρώτα συστήματα μουσικής σημειογραφίας συναντώνται από τον 9^ο αιώνα, αρχικές μορφές του πενταγράμμου εμφανίζονται τον 13^ο αιώνα ενώ τη μορφή την οποία γνωρίζουμε σήμερα την πήρε τον 17^ο αιώνα.

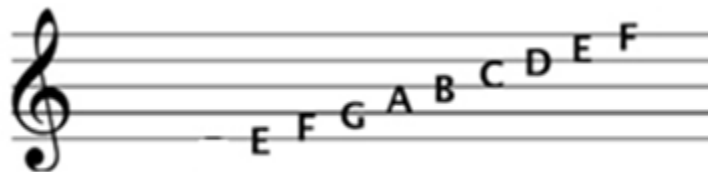
Βασικοί όροι μουσικής Σημειογραφίας

Η κατάδειξη μουσικής στο χαρτί γίνεται με τη χρήση πενταγράμμων (scores) τα οποία τοποθετούνται σε σελίδες και δημιουργούν ένα βιβλίο. Για την αποτύπωση της μουσικής χρησιμοποιούνται μια σειρά από σύμβολα για την αναπαράσταση των νοτών και άλλων στοιχείων, καθώς και από κάποιες λογικές έννοιες. Τα αντικείμενα αυτά παρουσιάζονται στη λίστα που ακολουθεί.

Παρτιτούρα - Μουσική Σελίδα. Η παρτιτούρα αντιπροσωπεύει ένα ολοκληρωμένο μουσικό έργο. Αυτό το έργο μπορεί να είναι ένα τραγούδι το οποίο αποτελείται από πολλές σελίδες μουσικής. Πάνω στην παρτιτούρα καθορίζονται κάποια καθολικά χαρακτηριστικά της μουσικής όπως το τέμπο. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να αλλάξουν κατά τη διάρκεια της μουσικής όμως η αλλαγές αυτές αφορούν ένα μέρος του τραγουδιού και σύντομα αναιρούνται. Για την αναίρεση των αλλαγών (π.χ. αλλαγή στο τέμπο) χρησιμοποιείται κάποιος χαρακτήρας ο οποίος υποδηλώνει την αποκατάστασή του τέμπο, στην αρχική του μορφή.

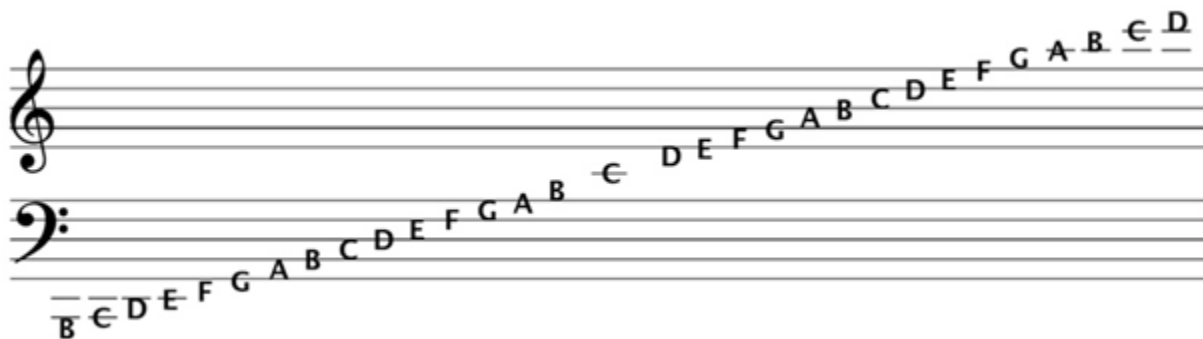
Πεντάγραμμο. Το πεντάγραμμο (Εικόνα 3.1) συναντάται ως staff (Αγγλικά Ηνωμένων Πολιτειών) ή stave (Αγγλικά Βρετανίας). Οι όροι είναι ταυτόσημοι ενώ έχουν τον ίδιο πληθυντικό (staves). Το πεντάγραμμο ορίζεται από πέντε παράλληλες γραμμές οι οποίες δημιουργούν τέσσερα διαστήματα ανάμεσα τους. Στις γραμμές και τα διαστήματα αυτά

τοποθετούνται οι νότες το όνομα των οποίων καθορίζεται από τη γραμμή ή το διάστημα στο οποίο είναι τοποθετημένες.



Εικόνα 3.1 Το μουσικό πεντάγραμμο

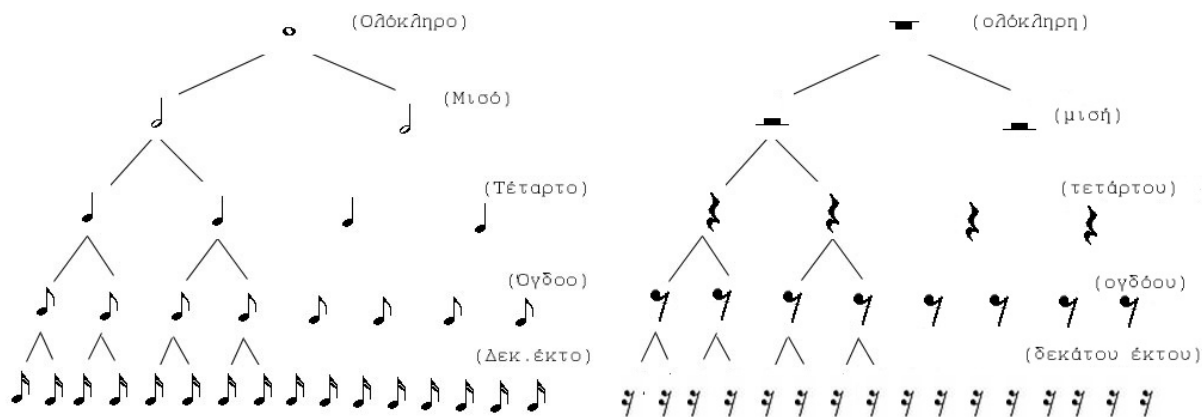
Οι γραμμές και τα διαστήματα αυτά δεν είναι ικανά να καταγράψουν κάθε στοιχείο της μουσικής. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται επιπλέον μηχανισμοί όπως το μουσικό κλειδί, ο οπλισμός και οι βοηθητικές γραμμές. Επίσης, το πεντάγραμμο εμφανίζεται σε αρκετές μορφές με κυριότερες το Grand Stave, το Treble Stave και το Bass Stave. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.2) παρουσιάζεται ένα Grand Stave. Ουσιαστικά το Grand Stave είναι μια συνένωση ενός Treble Stave (πάνω) και ενός Bass Stave (κάτω). Το Grand stave χρησιμοποιείται για όργανα τα οποία έχουν μεγάλο εύρος νοτών το οποίο δεν μπορεί να καλυφθεί από την χρήση ενός μόνο stave. Παράδειγμα χρήσης του Grand Stave είναι για την καταγραφή μουσικής για πιάνο το οποίο έχει εύρος 88 νότες οι οποίες εκτείνονται σε διάστημα μεγαλύτερο των επτά οκτάβων, ενώ τα περισσότερα μουσικά όργανα έχουν εύρος περίπου τρεις οκτάβες.



Εικόνα 3.2 Grand Stave μουσική αναπαράσταση

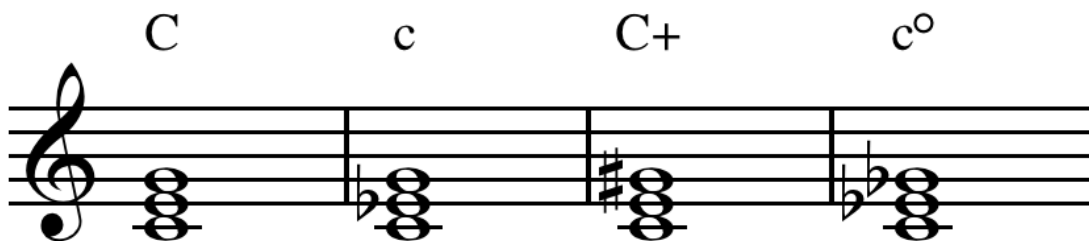
Νότες, παύσεις και συγχορδίες. Η αναπαράσταση των νοτών γίνεται με προκαθορισμένα σχήματα (Εικόνα 3.3) καθένα από τα οποία καθορίζει τη διάρκεια της νότας. Ο τόνος της νότας χαρακτηρίζεται από το ύψος του πενταγράμμου στο οποίο είναι τοποθετημένη. Επομένως μια νότα η οποία δεν είναι τοποθετημένη πάνω στο πεντάγραμμο δεν είναι δυνατόν

να αναγνωρισθεί. Ομοίως με τις νότες, η αναπαράσταση των παύσεων γίνεται με συγκεκριμένα σύμβολα τα οποία χαρακτηρίζουν τη διάρκεια τους. Στη μουσική σημειογραφία η παύση αναφέρεται στη μη ύπαρξη μουσικής για ένα χρονικό διάστημα. Αντίθετα με τις νότες οι παύσεις τοποθετούνται σε προκαθορισμένα σημεία του πενταγράμμου, ανάλογα με τη διάρκεια τους, για παράδειγμα η παύση ολόκληρου τοποθετείται στο τρίτο διάστημα του πενταγράμμου, ανάμεσα στην τρίτη και τέταρτη γραμμή.



Εικόνα 3.3 Αξίες νοτών και παύσεων

Τέλος οι συγχορδίες είναι ένα σύνολο νοτών (τουλάχιστον τρεις) οι οποίες αναπαράγονται, τις περισσότερες φορές, ταυτόχρονα. Ο συμβολισμός τους διαφέρει ανάλογα με την αναπαράσταση η οποία χρησιμοποιείται. Κατά τη χρήση πενταγράμμων οι συγχορδίες συμβολίζονται χρησιμοποιώντας νότες οι οποίες είναι τοποθετημένες η μία πάνω από την άλλη (κάθετα). Για λόγους ευκολίας και οικονομίας χώρου στη δυτική μουσική έχει επικρατήσει η ονομασία συγχορδιών με τη χρήση του αλφαβήτου. Οι ονομασίες (A, B, C, D, E, F, G) αναφέρονται στις νότες (Λα, Σι, Ντο, Ρε, Μι, Φα, Σολ) αντίστοιχα. Με την ίδια λογική ονομάζονται και οι συγχορδίες. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται δυο διαφορετικοί συμβολισμοί συγχορδιών. Στο πεντάγραμμο είναι τοποθετημένες οι νότες οι οποίες συνιστούν μια συγχορδία και πάνω από αυτή έχει τοποθετηθεί το όνομα των συγχορδιών.



Εικόνα 3.4 Συμβολισμός συγχορδιών

Ιδιότητες νοτών: Για το χαρακτηρισμό μιας νότας χρειάζονται τουλάχιστον δυο βασικές ιδιότητες, το τονικό ύψος (pitch), και η διάρκεια της (duration). Ένα τρίτο χαρακτηριστικό εξίσου χρήσιμο, είναι η δυναμική της (dynamic- velocity) η οποία δεν είναι απαραίτητη για την ανακατασκευή (από ένα MIDI ή XML αρχείο) ενός score αλλά επηρεάζει το τελικό ακουστικό αποτέλεσμα. Η δυναμική μιας νότας προσδιορίζει την ένταση με την οποία προτίθεται να την αναπαράγει ο μουσικός.

Πολυχρωματικότητα και πολυφωνία: Ο όρος πολυφωνία αναφέρεται στην δυνατότητα ενός μουσικού οργάνου να αναπαράγει πολλές νότες ταυτόχρονα ενώ ο όρος πολυχρωματικότητα αναφέρεται στην ύπαρξη πολλαπλών μουσικών οργάνων «ηχοχρωμάτων». Βάσει αυτών των αναγκών οι παρτιτούρες που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή μουσικής διαφέρουν ανάλογα το είδος της μουσικής την οποία αποτυπώνουν. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μια παρτιτούρα στην οποία υπάρχει μουσική για κιθάρα (πράσινο πεντάγραμμο) κι για πιάνο (κόκκινο πεντάγραμμο). Μία από τις διαφορές των δυο μουσικών οργάνων αυτών εντοπίζεται στο γεγονός ότι στο πιάνο η αναπαραγωγή της μουσικής πραγματοποιείται κι από τα δυο χέρια του μουσικού, ενώ στην κιθάρα το ένα χέρι είναι βοηθητικό για την αναπαραγωγή της μουσικής από το άλλο. Για τον λόγο αυτό στο πιάνο είναι εφικτό ένας μουσικός να αναπαράγει ταυτόχρονα νότες οι οποίες έχουν μεγάλη τονική διαφορά μεταξύ τους, ανάγκη η οποία απαιτεί την χρήση δυο πενταγράμμων (κόκκινα πεντάγραμμο) για την καταγραφή όλων των νοτών. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιούνται απλά πεντάγραμμο στα οποία γίνεται αναφορά με τον όρο «φωνή».

Ebmaj7 Dm7 C13sus Fmaj7 Dm9
 this Christ - mas. And as we trim the tree, — how much fun it's gon - na be to-
 this Christ - mas. And as I look a - round_ your_ eyes out - shine the town; they

Εικόνα 3.5. Πολυχρωματικότητα κι πολυφωνία ένα πεντάγραμμο.

Score-roll: Το score-Roll είναι μια υβριδική υλοποίηση η οποία αποτελεί μια μίξη της αναπαράστασης Piano Roll και αυτής του κλασικού πενταγράμμου (Staff). Ο συμβολισμός των νοτών στο PianoRoll γίνεται με τη χρήση παραλληλογράμμων, το μέγεθος των οποίων καθορίζει τη διάρκεια της νότας ενώ το ύψος στο οποίο είναι τοποθετημένα πάνω στο midiRoll καθορίζει τον τόνο της νότας. Σε αντίθεση με το κλασικό πεντάγραμμο εδώ οι παύσεις δεν αναπαριστώνται γραφικά, αλλά μένει κενό το διάστημα μεταξύ των νοτών. Το score-Roll αντικείμενο, το οποίο προσφέρεται από το JMusic είναι ουσιαστικά ένα midiRoll τοποθετημένο πάνω σε ένα Staff.

Εικόνα 3.6 Η Score-roll μουσική αναπαράσταση

Λογισμικό και βιβλιοθήκες μουσικής σημειογραφίας

Κατά το παρελθόν έχει εμφανιστεί ένας σημαντικός αριθμός βιβλιοθηκών οι οποίες υποστηρίζουν διαδραστικές μουσικές αναπαραστάσεις, με κυριότερες τις βιβλιοθήκες JMusic και JMSL. Το 2005 ερευνητές παρουσίασαν όλες οι διαθέσιμες Java βιβλιοθήκες συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά τα οποία προσφέρουν [28]. Η σύγκριση έγινε βάσει 35 χαρακτηριστικών τα

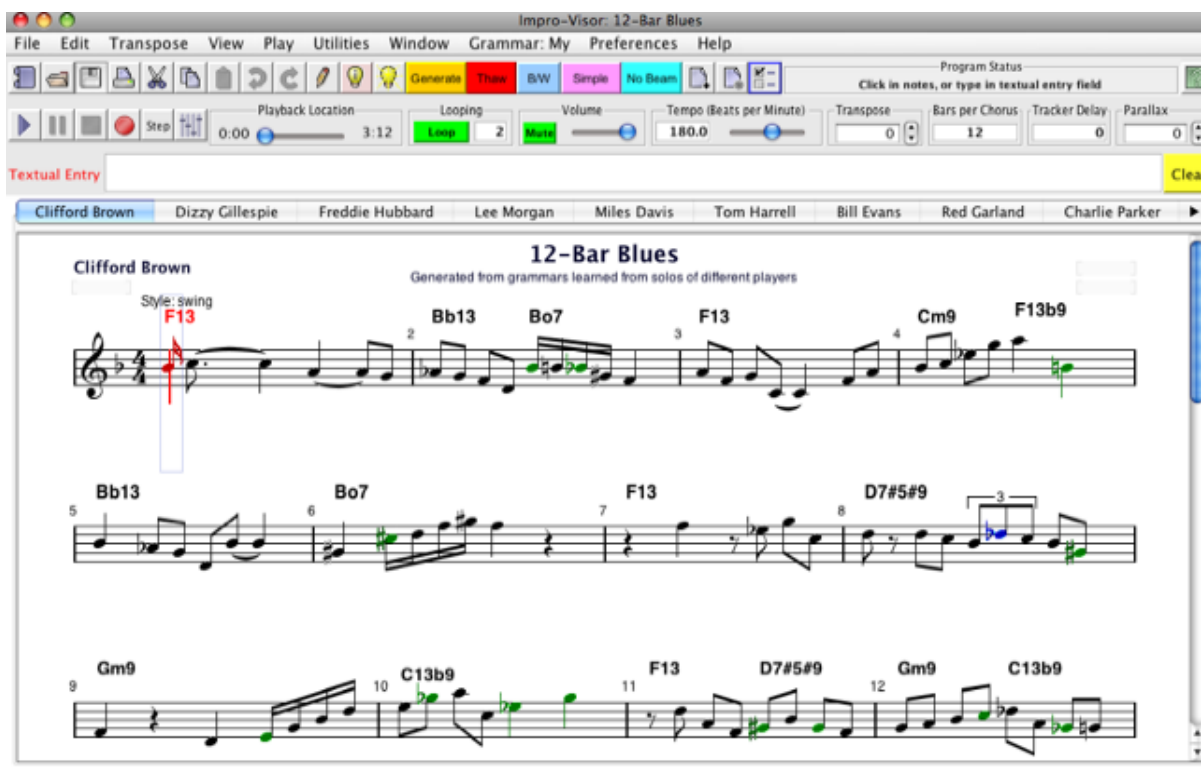
οποία περιγράφονται σε οκτώ κατηγορίες: (1) επεξεργασία ήχου, (2) ενθυλάκωση ήχου, (3) υποστήριξη MIDI ακολουθιών, (4) υποστήριξη εξωτερικών συσκευών, (5) αναπαραγωγή ήχου από MIDI ακολουθίες, (6) υποστήριξη γραφικού περιβάλλοντος, (7) υποστήριξη διαφορετικών τύπων αρχείων (8) υποστήριξη μουσικής σύνθεσης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παραπάνω σύγκρισης. Βάση της σύγκρισης αυτής σύγκρισης το JMusic παρουσιάζεται ως η καταλληλότερη βιβλιοθήκη μουσικής σημειογραφίας αφού υποστηρίζει 26 από τα 35 χαρακτηριστικά τα οποία εξέτασαν οι ερευνητές ενώ εμφανίζεται σε επτά από τις οκτώ υπάρχουσες κατηγορίες. Επιπλέον είναι φτιαγμένο εξ 'αρχής για την υποστήριξη μουσικής σύνθεσης ενώ παράλληλα προσφέρει ένα ικανοποιητικό γραφικό περιβάλλον.

No	API-Library	Categories (8)	Features (35)	Feature/Category
1	JMusic	7	26	4-2-4-3-4-3-0-6
2	Tritonus	3	13	3-0-5-0-5-0-0-0
3	Java Sound	3	11	3-0-5-0-3-0-0-0
4	JSyn	3	11	3-3-0-0-0-0-0-5
5	JMSL	2	11	0-0-5-0-0-0-0-6
6	MIDI Share	2	7	0-0-5-2-0-0-0-0
7	Xemo	2	3	0-0-0-0-0-1-2-0
8	MIDI Kit	1	3	0-0-0-3-0-0-0-0
9	JASS	1	3	0-3-0-0-0-0-0-0
10	NoSuch MIDI	1	2	0-0-0-2-0-0-0-0
11	Wire Provider	1	2	0-0-0-2-0-0-0-0
12	JavaMIDI	1	2	0-0-0-2-0-0-0-0
13	JScore	1	2	0-0-0-0-0-2-0-0
14	JFugue	1	1	0-0-0-0-0-0-1-0

Πίνακας 1 Java βιβλιοθήκες μουσικής σημειογραφίας

Ένα παράδειγμα υλοποίησης λογισμικού βασιζόμενο στη JMusic βιβλιοθήκη είναι το Impro-Visor [34]. Το λογισμικό αυτό αποτελεί ένα εκπαιδευτικό εργαλείο το οποίο διανέμεται δωρεάν και δημιουργήθηκε για τη δημιουργία παρτιτούρας για Jazz μουσική. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.7) παρουσιάζεται η διεπαφή του Impro-Visor. Σκοπός του Impro-Visor είναι να προσφέρει στους μουσικούς οι οποίοι το χρησιμοποιούν τη δυνατότητα να συνθέσουν και να αναπαράγουν μουσικά κομμάτια ενώ ταυτόχρονα τους βοηθά να κατανοήσουν τη διαδικασία

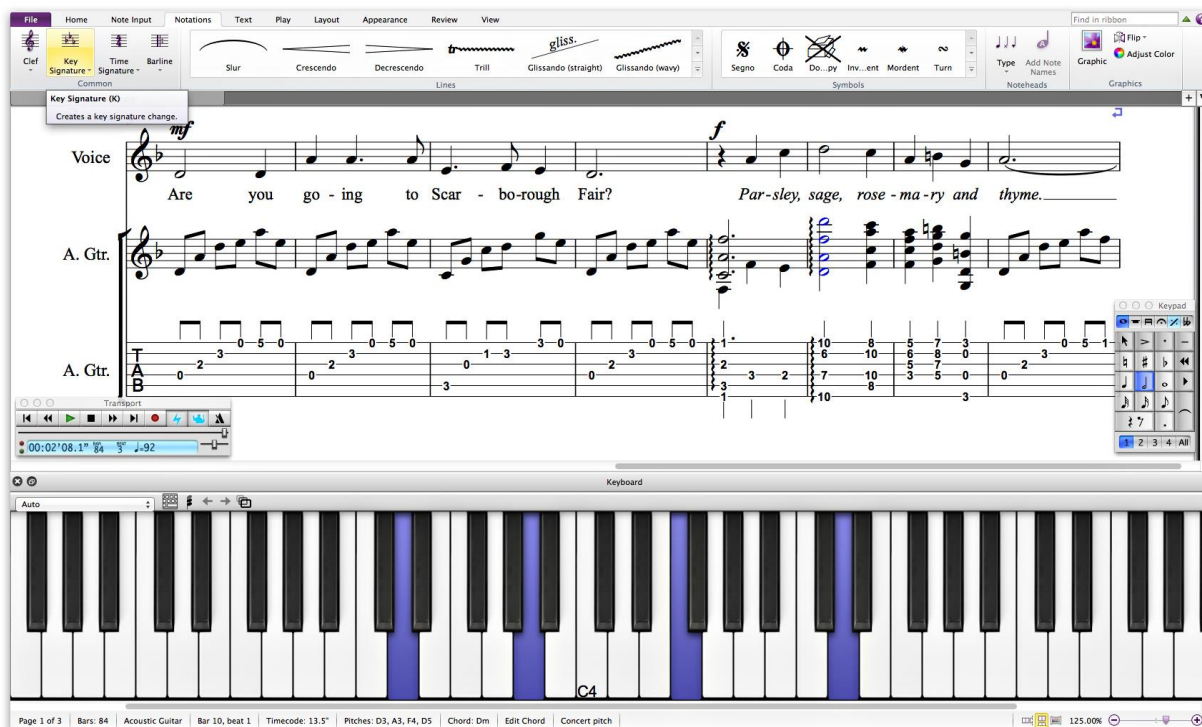
δημιουργίας ενός jazz solo και να συντονίσουν της εναλλαγές των συγχορδίων του. Τέλος είναι συμβατό με τα υπάρχοντα standards καθώς υποστηρίζει την εξαγωγή της εργασίας ως MIDI αρχείο καθώς και MusicXML.



Εικόνα 3.7 Διεπαφή Impro-Visor

Εκτός από τα ελεύθερα λογισμικά υπάρχουν αρκετά εμπορικά εργαλεία τα οποία είναι σχεδιασμένα για την υποστήριξη της μουσικής σύνθεσης. Το Sibelius, το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω (Εικόνα 3.8 Διεπαφή Sibelius), είναι μια πλατφόρμα μουσικής σύνθεσης η οποία πρωτοεμφανίστηκε το 1993 ενώ σήμερα βρίσκεται στη έκδοση 7.5.1. Σήμερα θεωρείται το πιο δημοφιλές σύστημα μουσικής σύνθεσης και χρησιμοποιείται από συνθέτες, καθηγητές και μαθητές για τη δημιουργία, επεξεργασία και εκτύπωση κλασικής και jazz μουσικής. Επίσης εμπορική εφαρμογή για μουσική σύνθεση είναι το Finale το οποίο πρωτοεμφανίστηκε το 1988 και σήμερα βρίσκεται στην έκδοση Finale 2014b. Προσφέρει παρόμοιες λειτουργίες με το Finale με μόνο μειονέκτημα τη μη ύπαρξη εικονικού πιάνου. Αυτές οι δυο θεωρούνται οι κυριότερες, και πιο 'ακριβές', εφαρμογές μουσικής σύνθεσης αλλά δεν είναι οι μόνες. Η λίστα με τις δέκα δημοφιλέστερες εφαρμογές συμπληρώνεται με τις εξής: MagicScore Maestro, Forte Home,

Quick Score, Music Time Deluxe, Notation Composer, Note Worthy Composer Music MasterWorks Play Music.



Εικόνα 3.8 Διεπαφή Sibelius

Υπηρεσίες διαμοιρασμού και συγχρονισμού αρχείων

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι εργαλείοι που παρουσιάστηκαν προηγούμενα είναι κατά βάση σχεδιασμένες για χρήση από μεμονωμένους χρήστες και έτσι υπολείπονται σε θέματα υποστήριξης συνεργατικής χρήσης από ομάδες ή/και πολλούς ταυτόχρονα εμπλεκόμενους χρήστες. Δεδομένων της δέσμευσης για άρση αυτού του περιορισμού και της ωρίμασης βασικών τεχνολογικών λύσεων του διαδικτύου, η παρούσα εργασία επωφελείται από τη χρήση υπηρεσιών νέφους για το διαμοιρασμό και το συγχρονισμό μουσικών αρχείων. Ειδικότερα χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες τις οποίες προσφέρει η Google μέσω της πλατφόρμας του Drive. Το Google Drive είναι ένας δωρεάν αποθηκευτικός χώρος ο οποίος παρέχεται από την Google και ο οποίος παρέχει στους χρήστες δυνατότητες όπως η αποθήκευση, ο συγχρονισμός και η συνεργατική επεξεργασία αρχείων σε πραγματικό χρόνο. Τα αρχεία για τα οποία το Drive υποστηρίζει επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο (real-time editing) χωρίς να απαιτείται η λήψη τους στο προσωπικό υπολογιστή του χρήστη, ονομάζονται Google docs. Τέτοια αρχεία είναι έγγραφα, παρουσιάσεις, υπολογιστικά φύλλα και άλλα. Τα αρχεία αυτά φιλοξενούνται στον

αποθηκευτικό χώρο της Google και ο χρήστης δεν είναι υποχρεωμένος να τα διατηρεί και στον προσωπικό του υπολογιστή. Μπορεί μέσω ενός φυλλομετρητή (web browser) να προσπελάσει τα αρχεία αυτά και να τα επεξεργαστεί online. Επίσης μπορεί να προσκαλέσει και άλλους χρήστες για την από κοινού επεξεργασία των αρχείων αυτών. Υποστηρίζονται δυο διαφορετικοί τύποι χρηστών στους οποίους ο ιδιοκτήτης του εγγράφου μπορεί να δώσει δικαιώματα εγγραφής (επεξεργασίας του εγγράφου), η μόνο ανάγνωσης. Ο διαμοιρασμός των αρχείων μεταξύ των χρηστών γίνεται με τρεις τρόπους, είτε α) αφήνοντας το έγγραφο κοινόχρηστο στον οποιοδήποτε, είτε β) επιτρέποντας την είσοδο μόνο σε χρήστες οι οποίοι έχουν το URL το οποίο αντιστοιχεί το αρχείο είτε γ) προσκαλώντας συγκεκριμένους χρήστες σε αυτό. Η εισαγωγή συγκεκριμένων δικαιωμάτων χρηστών υποστηρίζεται στη περίπτωση πρόσκλησης χρηστών.

Μια δεύτερη υπηρεσία η οποία χρησιμοποιείται από την παρούσα εργασία είναι το Google Hangouts. Το Hangouts είναι μια υπηρεσία επικοινωνίας η οποία προσφέρεται δωρεάν από την Google επιτρέποντας στους χρήστες της να πραγματοποιούν βίντεο-κλήσεις χρησιμοποιώντας τον browser τους, ενώ είναι διαθέσιμη για όλα τα λειτουργικά συστήματα και κινητές συσκευές. Επιπλέον προσφέρει ένα API για τη δημιουργία εφαρμογών οι οποίες εκτελούνται κατά τη διάρκεια της συνομιλίας των συμμετεχόντων ενός Hangout.

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν οι βασικοί όροι και κεντρικές έννοιες της μουσικής σημειογραφίας οι οποίες εμφανίζονται στη συνέχεια της παρούσας διπλωματικής. Επίσης, συζητήθηκαν οι βασικές βιβλιοθήκες υποστήριξης μουσικής σύνθεσης μέσω υπολογιστή ενώ παράλληλα ταξινομήθηκαν βάση των λειτουργιών που προσφέρουν. Τέλος, παρουσιάστηκαν βασικές τεχνολογίες νέφους οι οποίες αξιοποιούνται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας για την υποστήριξη διαμοιρασμού αρχείων και συγχρονισμού εταίρων κατά τη διάρκεια εικονικής μουσικής εργασίας.

Κεφάλαιο 4 - Σχεδιασμός και Υλοποίηση

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται σχεδιαστικές δεσμεύσεις και η υλοποίηση μιας εφαρμογής που υποστηρίζει συνεργατική δημιουργία και εκτέλεση μουσικής. Η προσέγγιση που υιοθετείται βασίζεται κυρίως στη παραμετροποίηση δια δραστικών αντικειμένων για τη μουσική σύνθεση καθώς και την υλοποίηση νέων αντικειμένων και λειτουργιών. Το σύνολο της υλοποίησης επικεντρώνεται σε μια desktop εφαρμογή η οποία υλοποιήθηκε στα πλαίσια του NetBeans platform, αξιοποιώντας ένα εύρος λειτουργιών τις οποίες προσφέρει για την ανάπτυξη εφαρμογών. Στον πυρήνα της εφαρμογής βρίσκεται η βιβλιοθήκη μουσικής σημειογραφίας JMusic γύρω από την οποία έχουν δημιουργηθεί νέα αντικείμενα ενώ παράλληλα παραμετροποιήθηκαν βασικές της λειτουργίες της για την καλύτερη υποστήριξη της συνεργατικής δικτυακής μουσικής σύνθεσης. Ο σχεδιασμός της βασίστηκε στην υποστήριξη τόσο της ατομικής όσο και της συνεργατικής σύνθεση μουσικής (σύγχρονης ή ασύγχρονης).

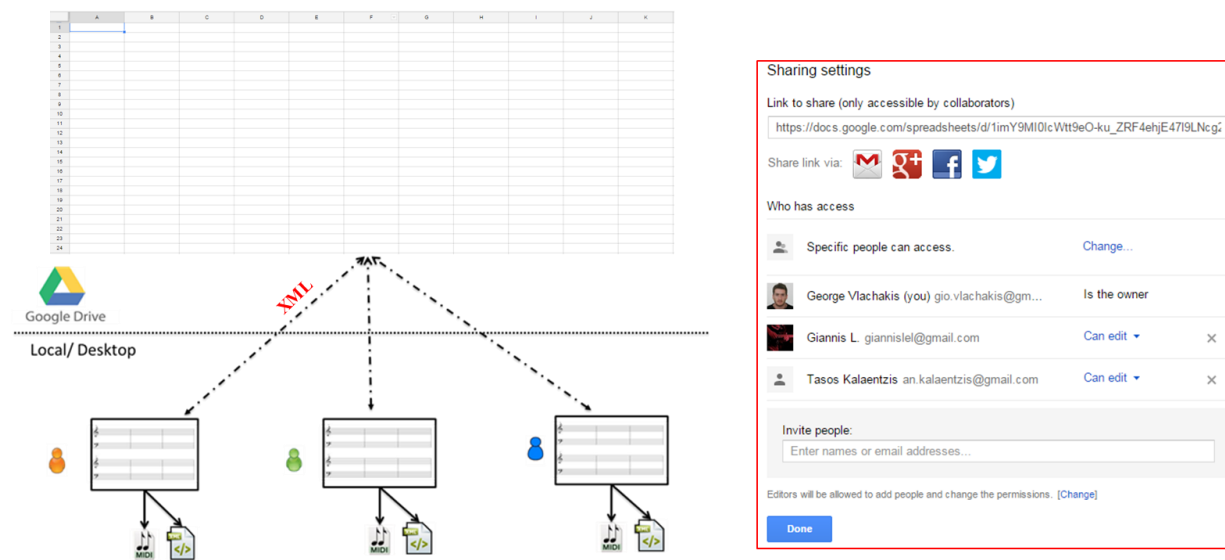
Για την υλοποίηση της εφαρμογής χρειάστηκε να *επαυξηθούν* δυνατότητες συγκεκριμένων βιβλιοθηκών (**augmentation**), να *επεκταθούν* βιβλιοθήκες και να εμπλουτιστούν με νέα αντικείμενα (**expansion**) όπως επίσης και να *ενσωματωθούν* κατάλληλα διαφορετικές βιβλιοθήκες (**integration**) για την υποστήριξη της διαλειτουργικότητας και του διαμοιρασμού κοινόχρηστων αρχείων μουσικής.

Αρχιτεκτονική

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού Java, ενώ παράλληλα αξιοποιεί τεχνολογίες νέφους για την αποθήκευση και τη μεταφορά των δεδομένων. Οι δυο βασικές οντότητες οι οποίες δια-λειτουργούν για την υποστήριξη της μουσικής σύνθεσης είναι μια **desktop εφαρμογή**, η οποία προσφέρει στον χρήστη της τη δυνατότητα να συνθέτει μουσική χρησιμοποιώντας διαφορετικές μουσικές αναπαραστάσεις, και ένα **διασυννοριακό αντικείμενο** το οποίο βρίσκεται στο νέφος [6] με σκοπό την αποθήκευση και το συγχρονισμό των δεδομένων των χρηστών της εφαρμογής.

Για την επικοινωνία μεταξύ των δυο οντοτήτων χρησιμοποιούνται διάφορα Google API, παράλληλα με τη γλώσσα επισήμανσης XML. Το διασυννοριακό αντικείμενο είναι ένα Google spreadsheet το οποίο φιλοξενείται στο Drive που προσφέρει η Google στους χρήστες της. Το

αντικείμενο αυτό καθίσταται κοινόχρηστο σε όλους τους χρήστες, οι οποίοι συμπράττουν, και αποθηκεύει όλη την απαραίτητη πληροφορία η οποία παράγεται κατά τη χρήση της εφαρμογής από τους εκάστοτε χρήστες. Η παραγόμενη πληροφορία προέρχεται από την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή καθώς συνθέτει επεξεργάζεται και σχολιάζει τη μουσική του. Κάθε αλλαγή η οποία λαμβάνει μέρος στο μουσικό έγγραφο, εντοπίζεται, κωδικοποιείται και αποστέλλεται αυτόματα στο διασυννοριακό αντικείμενο ενώ παράλληλα η εφαρμογή αναζητά τα δεδομένα όλων των χρηστών όπως είναι αποθηκευμένα στο υπολογιστικό φύλλο. Κάθε φορά που τα δεδομένα τα οποία λαμβάνει για τους υπολοίπους χρήστες είναι διαφορετικά από τα υφιστάμενα/τρέχοντα η «όψη» του μουσικού αντικειμένου ανανεώνεται και έτσι επιτυγχάνεται η επίγνωση των εταίρων για την τρέχουσα εργασία. Με αυτόν τον τρόπο κάθε χρήστης είναι σε θέση να γνωρίζει τη δουλειά των υπολοίπων χρηστών. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.1) παρουσιάζεται ένα γενικό στιγμιότυπο της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής που υλοποιήθηκε.



Εικόνα 4.1 Γενικό στιγμιότυπο συστήματος

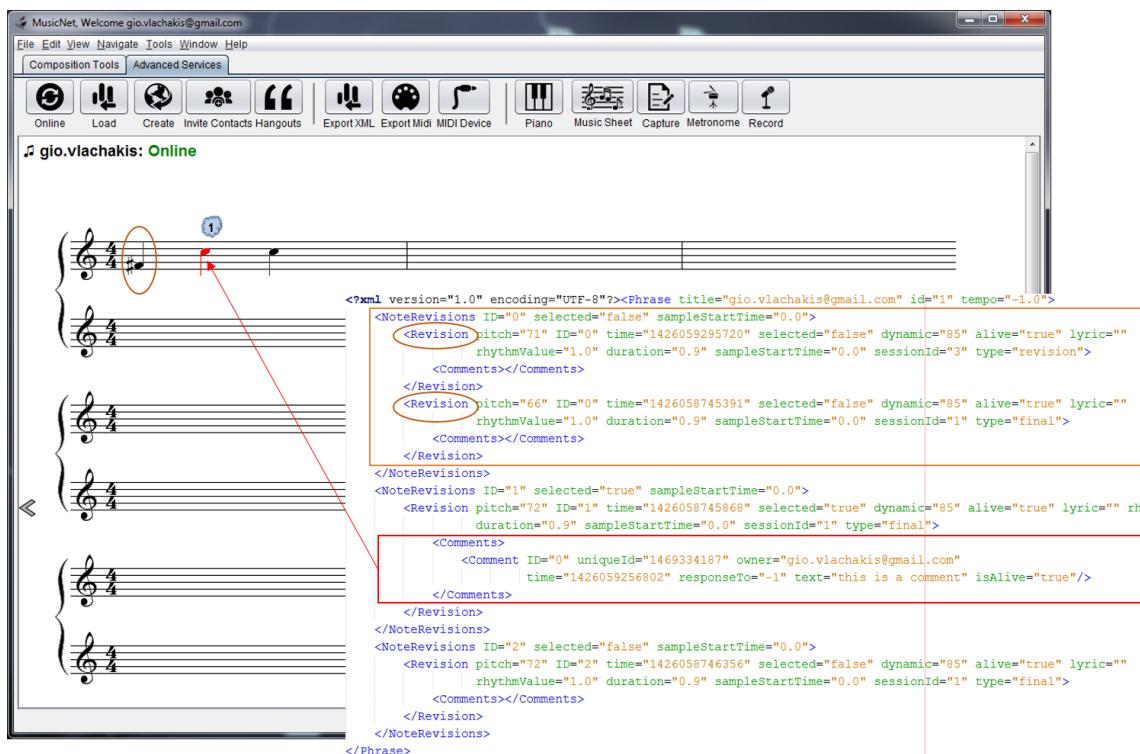
Τοπικά οι χρήστες αλληλοεπιδρούν με την εφαρμογή τους συνθέτοντας μουσική. Η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι κατάλληλη για μεμονωμένη ή και συνεργατική χρήση ενώ ταυτόχρονα είναι απαλλαγμένη τη χρήση τοπικού χώρου αποθήκευσης αφού αξιοποιεί το δωρεάν αποθηκευτικό χώρο που προσφέρει η Google. Καθώς ο χρήστης της εφαρμογής αλληλοεπιδρά με αυτή, το έργο του αποθηκεύεται αυτόματα στο νέφος ενώ έχει επιπλέον τη δυνατότητα να το αποθηκεύσει τοπικά σε XML ή MIDI μορφή. Για να επωφεληθεί από τον αποθηκευτικό χώρο του Drive, ο χρήστης χρειάζεται να συνδέσει την εφαρμογή του με

το Google λογαριασμό που διατηρεί. Αφού πραγματοποιήσει τη σύνδεση, έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει τη δουλειά του στο νέφος. Για το σκοπό αυτό η εφαρμογή δημιουργεί αυτόματα ένα υπολογιστικό φύλλο στον αποθηκευτικό χώρο του χρήστη, και ζητά από το χρήστη της να το ονομάσει. Αφού τελειώσει αυτή η διαδικασία όλα τα δεδομένα τα οποία υπάρχουν στην εφαρμογή μετατρέπονται σε XML και αποθηκεύονται στο αρχείο που δημιουργήθηκε. Πλέον, η κάθε αλλαγή η οποία πραγματοποιείται αποθηκεύεται αυτόματα στο υπολογιστικό φύλλο που λειτουργεί ως διασυνοριακό αντικείμενο. Η XML κωδικοποίηση η οποία γίνεται ακολουθεί το πρότυπο το οποίο έχει υιοθετήσει το JMusic για την δημιουργία XML. Ο μηχανισμός μετατροπής XML που προσφέρεται έχει επεκταθεί (προσθέτοντας νέα tags) έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της εφαρμογής.

Η αποθήκευση της μουσικής σύνθεσης στο Drive του χρήστη προσφέρει πλέον νέες δυνατότητες η οποίες προέρχονται από τις υπηρεσίες που υποστηρίζει η Google για τα διαδικτυακά της έγγραφα. Τα έγγραφα αυτά μπορούν να τα επεξεργαστούν συνεργατικά πολλοί χρήστες σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στον κάθε χρήστη να γνωρίζει αφενός ποιοι άλλοι χρήστες συμπράττουν μαζί του και αφετέρου τι ακριβώς κάνουν. Επίσης τα διαδικτυακά αυτά έγγραφα είναι εύκολο διαμοιραστούν σε οποιονδήποτε, ακόμα και αν δεν διατηρεί κάποιο Google account, και κατά το παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί ξανά για συνεργατική συγγραφή επιστημονικών διατριβών [35]. Τέλος η Google επιτρέπει τον εμπλουτισμό των λειτουργιών των διαδικτυακών εγγράφων της με τη χρήση scripting γλώσσας η οποία βασίζεται στη JavaScript. Ένα παράδειγμα επέκτασης των Google docs είναι το VexTab [16] μέσω του οποίου οι χρήστες μπορούν να συνθέτουν μουσική και να την εισάγουν σε ένα έγγραφο της Google ως εικόνα. Άλλες επεκτάσεις των Google docs δημιουργούν ένα πεντάγραμμο μουσικής, πάνω σε ένα υπολογιστικό φύλλο, αντλώντας δεδομένα από το φύλλο αυτό [14].

Στην παρούσα εργασία το υπολογιστικό φύλλο δεν έχει υποστεί καμία τροποποίηση η εμπλουτισμό στις λειτουργίες του. Σκοπός του είναι να αποθηκεύει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες και να τις καθιστά διαθέσιμες, σε πραγματικό χρόνο, σε όλους τους χρήστες στους οποίους έχει επιτραπεί πρόσβαση. Για το λόγο αυτό υπάρχει συγκεκριμένη αντιστοίχιση μεταξύ του τύπου των δεδομένων των χρηστών οι οποίοι τα δημιούργησαν και των κελιών τα οποία τα φιλοξενούν. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.2) παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο της εφαρμογής καθώς και η πληροφορία η οποία αποθηκεύεται στο διασυνοριακό αντικείμενο. Το XML το οποίο παρατίθεται είναι αποθηκευμένο σε ένα κελί αντιπροσωπεύοντας τη μουσική η οποία

είναι τοποθετημένη στο πρώτο πεντάγραμμο του MusicSheet (τις τρεις νότες που φαίνονται στη εικόνα). Σχόλια καθώς και παραμετροποιήσεις οι οποίες έχουν γίνει στη νότα καταγράφονται στο XML.



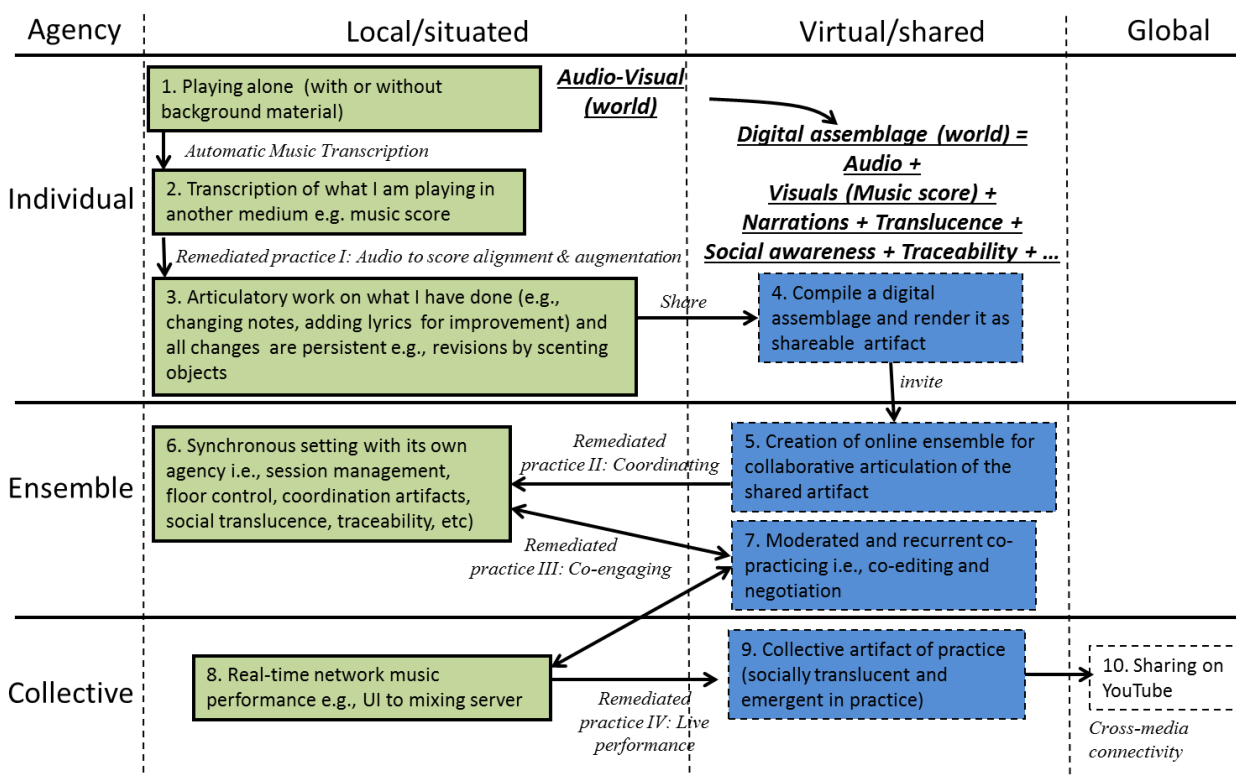
Εικόνα 4.2 Στιγμιότυπο εφαρμογής και δεδομένα διασυνοριακού αντικειμένου

Η πληροφορία η οποία εισάγεται στο διασυνοριακό αντικείμενο χωρίζεται σε δυο κατηγορίες, προσωπική και κοινόχρηστη. Προσωπική πληροφορία είναι τα δεδομένα τα οποία προκύπτουν από την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή του, αφορούν αποκλειστικά τη μουσική σύνθεση, και δεν επιτρέπεται να αλλάξουν από κανέναν άλλο χρήστη. Παράδειγμα τέτοιας πληροφορίας είναι τα δεδομένα τα οποία παράγονται κατά την εισαγωγή η παραμετροποίηση της μουσικής ενός χρήστη (νέα νότα, σχόλιο κτλ.). Ως κοινόχρηστη πληροφορία αντιμετωπίζονται παράμετροι οι οποίοι αφορούν το σύνολο των εμπλεκόμενων χρηστών και η οποία αλλάζει, όχι ως προς το μουσική αλλά ως προς τις ενέργειες της ομάδας. Για παράδειγμα, κοινόχρηστη πληροφορία είναι οι χρήστες οι οποίοι συμμετέχουν στη μουσική σύνθεση, τα δικαιώματα τα οποία έχει κάθε χρήστης και ο αριθμός των συνεδριών οι οποίες έχουν γίνει για τη σύνθεση του μουσικού κομματιού. Τα δεδομένα αυτά είτε μεταβάλλονται από τους χρήστες, είτε από την ίδια την εφαρμογή ως αποτέλεσμα των ενεργειών των χρηστών.

Το δεύτερο μέρος της παρούσας υλοποίησης, η desktop εφαρμογή, σχεδιάστηκε έτσι ώστε να παρέχει στους χρήστες της όλα τα κατάλληλα εργαλεία για τη σύνθεση μουσικής. Απαρτίζεται από τρία κύρια μέρη τα οποία δια λειτουργούν για να παραχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το πρώτο μέρος σχετίζεται με τη μουσική σύνθεση (Editor), και είναι υπεύθυνο για τη διάδραση μεταξύ εφαρμογής και χρήστη. Βασίζεται στη βιβλιοθήκη του JMusic [3] παρέχοντας στο χρήστη της εφαρμογής μουσικές αναπαραστάσεις για τη σύνθεση μουσικής καθώς και κάποιους βοηθητικούς μηχανισμούς για την επεξεργασία της μουσικής που κατασκευάζεται. Το δεύτερο μέρος της εφαρμογής είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της εργασίας αφού ο χρήστης έχει συνδέσει το Google account του στην εφαρμογή (Synchronizer). Το συστατικό αυτό είναι ο αποκλειστικός υπεύθυνος για τη διαχείριση των εγγράφων που δημιουργούνται στο νέφος, καθώς και για το συγχρονισμό σε περιπτώσεις συνεργατικής μουσικής σύνθεσης. Το τρίτο και τελευταίο μέρος της εφαρμογής είναι ένας μηχανισμός ανίχνευσης γεγονότων (Event Logger), ο οποίος τρέχει στο υπόβαθρο, καταγράφοντας συγκεκριμένες ενέργειες των χρηστών οι οποίες κωδικοποιούνται σε XML. Σκοπός του Event Logger είναι να καταστήσει την δουλειά των χρηστών ανιχνεύσιμη, με τρόπο τέτοιο ώστε οι χρήστες να μπορούν να επαναφέρουν την εργασία τους σε οποιοδήποτε παλαιότερο στάδιο.

Παλαιότερες εργασίες [13] οι οποίες σχετίζονται με τη ΔΜΕ αποδεικνύουν πως οι αρχιτεκτονικές επιλογές μπορούν να περιορίσουν την εμπειρία των χρηστών. Σε μια προσπάθεια να ελαχιστοποιηθούν οι περιορισμοί αυτοί αναθεωρήθηκαν βασικά στοιχεία σχεδιασμού βάσει ενός διαφορετικού σεναρίου αναφοράς. Το σενάριο αυτό ονομάζεται «συνεργατική σύνθεση μουσικής μεταξύ γεωγραφικά απομακρυσμένων χρηστών με διαφορετικό μουσικό υπόβαθρο, δεξιότητες και ικανότητες». Το συγκεκριμένο σενάριο, το οποίο παρουσιάζεται γραφικά στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.3), προβλέπει μια σταδιακή ροή εργασιών σύμφωνα με την οποία οι ατομικές πράξεις ενός μουσικού (individual agency) σταδιακά μετατρέπονται σε συλλογικές πράξεις οι οποίες διατρέχουν γεωγραφικά όρια (boundary spanning). Στα αρχικά στάδια ο μουσικός ενδιαφέρεται για τις μουσικές αναπαραστάσεις τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιήσει. Σταδιακά ως αποτέλεσμα της ατομικής του εργασίας δημιουργείται μια συνάθροιση ψηφιακών αντικειμένων (digital assemblage) στα οποία πλέον μπορεί να εργαστεί συνεργατικά με άλλους (απομακρυσμένους) χρήστες τους οποίους προσκαλεί, σχηματίζοντας διαδικτυακό μουσικό σύνολο (online ensemble). Σε αυτό το σημείο είναι δυνατόν να γίνουν διαπραγματεύσεις σχετικά με τη μουσική σύνθεση, εισάγοντας στίχους, διορθώνοντας και συμπληρώνοντας τη μουσική

κ.τ.λ. Η εικονική ομάδα πλέον ενοποιεί την εργασία της σε ένα συμφωνημένο πλαίσιο/σχέδιο το οποίο προορίζεται να εκτελεστεί κατά τη διάρκεια μιας δικτυακής μουσικής εκτέλεσης.



Εικόνα 4.3 Σταδιακή ροή εργασιών

Για την υποστήριξη του συγκεκριμένου σεναρίου και των ροών εργασίας που συνοψίζονται στο παραπάνω σκαρίφημα αξιοποιήθηκαν σειρά τεχνικών που σχετίζονται με τον εμπλουτισμό, επαύξηση και ενσωμάτωση δυνατοτήτων σε βιβλιοθήκες διαδραστικών αντικειμένων. Οι τεχνικές αυτές, ο σκοπός που αξιοποιήθηκαν και ο τρόπος που υλοποιήθηκαν παρουσιάζονται συνοπτικά ακολούθως.

Augmentation- Εμπλουτισμός δυνατοτήτων JMusic

Όσον αφορά τον εμπλουτισμό δυνατοτήτων αυτή αφορά τη βιβλιοθήκη του JMusic. Η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη προσφέρει έτοιμα διαδραστικά αντικείμενα για μουσική σημειογραφία τα οποία όμως σε πολλές περιπτώσεις έχουν περιορισμένες δυνατότητες. Δυσυναμίες οι οποίες κρίθηκαν σημαντικές κατά την υλοποίηση ήταν η υποστήριξη συγχορδίων καθώς και η εισαγωγή στίχων στη μουσική. Η βιβλιοθήκη του JMusic υποστηρίζει τη σύνθεση πολυφωνικής μουσικής, και την εισαγωγή συγχορδίων στα βασικά της αντικείμενα, όμως δεν

προσφέρει καμία οπτική απεικόνιση για αυτές. Τέτοιες αδυναμίες παρουσιάζονται κυρίως λόγω της υλοποίησης αυτής της βιβλιοθήκης η οποία χρησιμοποιεί συστατικά της βιβλιοθήκης Abstract Windowing Toolkit (AWT), ζωγραφίζοντας τα αντικείμενα πάνω σε Java containers πράγμα που καθιστά τη διαχείριση και παραμετροποίηση τους δυσκολότερη. Παρακάτω παρουσιάζονται όλες οι παραμετροποιήσεις που έγιναν στη συγκεκριμένη βιβλιοθήκη καθώς και ο σκοπός που εξυπηρετούν:

i. **Εισαγωγή συγχορδιών-στίχων.** Η υλοποίηση των συγχορδιών στη βιβλιοθήκη του JMusic δεν προσφέρει οπτική αναπαράσταση αυτών καθώς η υλοποίηση των διαδραστικών αντικειμένων του δεν παρέχει τρόπο για την απευθείας εισαγωγή συγχορδιών. Βασιζόμενοι στη σημειογραφία με τη χρήση γραμμάτων για την απεικόνιση νοτών, υλοποιήθηκαν ρουτίνες για την αναγνώριση και την εισαγωγή συγχορδιών σε ένα μουσικό κομμάτι, μέσω του πληκτρολόγιου. Ο συμβολισμός των συγχορδιών πάνω στο πεντάγραμμο γίνεται χρησιμοποιώντας γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου (A, B, C, D, E, F, G) τα οποία αντιστοιχούν στις νότες Λα, Σι, Ντο, Ρε, Μι και Φα αντίστοιχα. Για κάθε συγχορδία στο πεντάγραμμο εισάγεται η κύρια νότα της συγχορδίας (τονική) και πάνω από αυτή τοποθετείται ένα γράμμα το αντίστοιχο γράμμα. Παρόμοια τακτική ακολουθήθηκε και για την εισαγωγή των στίχων σε ένα μουσικό κομμάτι. Οι χρήστες επιλέγοντας μια νότα έχουν τη δυνατότητα να προσθέσουν στίχους οι οποίοι εμφανίζονται κάτω από αυτή. Στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μέρος ενός πενταγράμμου στο οποίο έχουν προστεθεί στίχοι και συγχορδίες.



Εικόνα 4.4 Εισαγωγή σχολίων και συγχορδιών

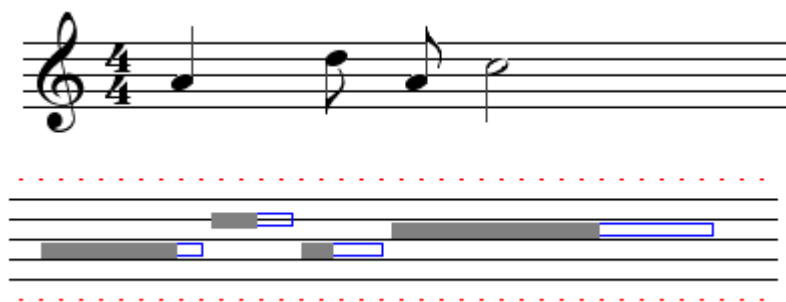
ii. **Σχολιασμός έργου.** Για την υποστήριξη της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών κατά τη συνεργατική μουσική σύνθεση υλοποιήθηκε ένας μηχανισμός σχολιασμού του μουσικού περιεχομένου. Οι χρήστες είναι σε θέση να προσθέσουν σχόλια πάνω στη μουσική που συντίθεται με σκοπό να δηλώσουν την άποψη τους ή να ζητήσουν αλλαγές πάνω στη μουσική που συνθέτει κάποιος άλλος χρήστης. Ο μηχανισμός σχολιασμού της μουσικής συνοδεύεται από έναν μηχανισμό διαχείρισης γεγονότων ο οποίος υποδεικνύει ποιές νότες έχουν σχολιαστεί καθώς και πόσα σχόλια έχουν δεχθεί. Για την επισήμανση των σχολίων εμφανίζεται

ένα σύμβολο πάνω από τη νότα σε σχήμα σύννεφου, το οποίο περιέχει έναν αριθμό ο οποίος υποδεικνύει πόσα σχόλια υπάρχουν για τη συγκεκριμένη νότα. Ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί το μηχανισμό αυτό όταν επιθυμεί.

iii. **Δημιουργία αναθεωρήσεων-εκδόσεων.** Η περιγραφή των λειτουργιών ως τώρα αναφέρεται σε δυνατότητες επεξεργασίας ενός έργου κατά τη διάρκεια της σύνθεσης του. Κάθε ενέργεια του χρήστη όπως η εισαγωγή ή επεξεργασία μιας νότας, εισαγωγή σχολίου ή απάντηση σε σχόλιο αλλάζει το παραγόμενο έργο. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της σύνθεσης ένας χρήστης μπορεί να σχολιάσει τη δουλειά του άλλου, επισημαίνοντας κάποιο πιθανό λάθος. Το σχόλιο αυτό μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από αλλαγές η οποίες να αλλάξουν σημαντικά τη μουσική που συντίθεται. Τέτοιες αλλαγές είναι σημαντικό να μπορούν να εντοπιστούν καθώς μας βοηθά να καταλάβουμε τι έγινε κατά τη διάρκεια της σύνθεσης. Για το λόγο αυτό μια σειρά από ενέργειες έχουν χαρακτηριστεί ως «γεγονότα» και καταγράφονται αυτόματα από την εφαρμογή. Αυτά είναι α) η εισαγωγή μιας νότας, β) αλλαγές στις ιδιότητες της, γ) εισαγωγή ενός σχολίου ή δ) απάντηση σε ένα σχόλιο. Ο Event Logger μηχανισμός, που περιγράφηκε νωρίτερα, είναι υπεύθυνος για την αναγνώριση και την καταγραφή των γεγονότων καθώς και για την κωδικοποίησή τους σε XML μορφή, προσθέτοντας την ακριβή ώρα και ημερομηνία την οποία ανιχνεύτηκαν.

iv. **Επεξεργασία επιμέρους χαρακτηριστικών.** Εκτός από την κλασική αναπαράσταση μουσικής (score) το JMusic προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει piano-roll (συχνά συναντάται και ως Midi-roll) αναπαράσταση. Η συγκεκριμένη αναπαράσταση αρχικά προσφέρεται από το JMusic χωρίς να υποστηρίζει διάδραση με το χρήστη, απλά χρησιμοποιείται για τη μετατροπή ενός score σε midiroll. Η συγκεκριμένη όμως αναπαράσταση προσφέρεται για αρχάριους χρήστες και χρησιμοποιείται από πλήθος εφαρμογών για μουσική σύνθεση. Για το λόγο αυτό έγιναν σημαντικές προσθήκες στη λειτουργικότητα της αναπαράστασης αυτής, επιτρέποντας στους χρήστες της εφαρμογής να προσθέτουν και να επεξεργάζονται νότες όπως και στην κλασική score αναπαράσταση. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της αναπαράστασης αυτής είναι ότι προσφέρεται για την επεξεργασία κάποιων ειδικών χαρακτηριστικών της μουσικής, τα οποία δεν είναι εύκολα κατανοητά στη score αναπαράσταση. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η δυναμική μιας νότας. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.5) παρουσιάζεται ένα σύνολο νοτών σε score και midiroll αναπαράσταση. Είναι προφανές ότι χρησιμοποιώντας τη midiroll αναπαράσταση οι αξίες των νοτών γίνονται

άμεσα αντιληπτές ακόμα και από αρχάριους χρήστες. Οι νότες παρουσιάζονται ως παραλληλόγραμμα με μπλε περίγραμμα, των οποίων το μέγεθος καθορίζει τη διάρκεια τους ενώ το ύψος στο οποίο είναι τοποθετημένα χαρακτηρίζει τον τόνο της νότας. Η δυναμική της νότας χαρακτηρίζεται από την γκρι σκίαση η οποία υπάρχει μέσα στο παραλληλόγραμμα. Περισσότερο σκιασμένη νότα σημαίνει νότα με μεγάλη δυναμική (1^η νότα στην εικόνα), ενώ νότες με λιγότερη σκίαση έχουν μικρότερη δυναμική (3^η). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα μέσω της αναπαράστασης αυτής να επεξεργάζεται εύκολα τη δυναμική της νότας, επιλέγοντας την και σέρνοντας το κέρσορα του ποντικιού του δεξιά ή αριστερά.



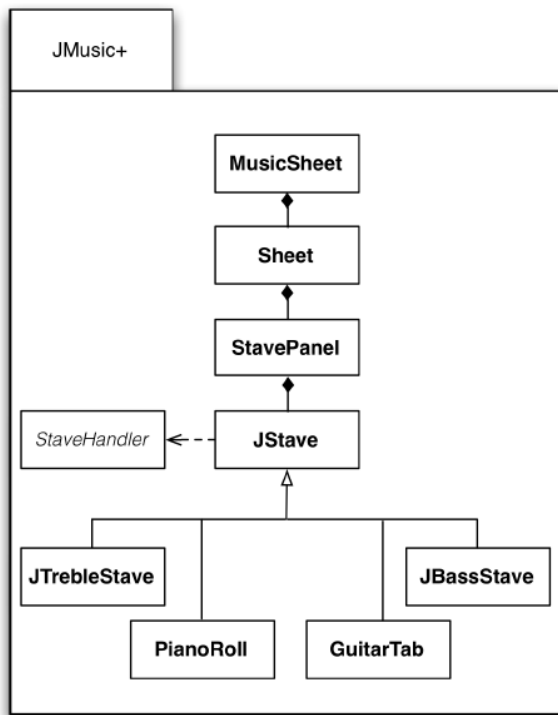
Εικόνα 4.5 Επεξεργασία ειδικών χαρακτηριστικών

Τέλος είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η βιβλιοθήκη του JMusic προσφέρει επιπλέον δυνατότητες οι οποίες στην παρούσα εργασία δεν αξιοποιήθηκαν. Για παράδειγμα οι λειτουργίες αλλαγής σπλισμού, χρόνου στο πεντάγραμμα είναι λειτουργίες οι οποίες προσφέρονται από το JMusic αλλά στην παρούσα εργασία δεν κρίθηκε αναγκαία η χρήση τους.

Expansion – Δημιουργία νέων διαδραστικών αντικειμένων

Οι επαυξησεις των αντικειμένων που περιεγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο έγιναν με σκοπό την υλοποίηση ενός νέου διαδραστικού αντικειμένου κατάλληλο για την υποστήριξη σύγχρονης συνεργατικής μουσικής σύνθεσης. Το νέο αντικείμενο που δημιουργήθηκε (MusicSheet) είναι το κύριο διαδραστικό αντικείμενο της παρούσας δουλειάς και προσφέρει στο χρήστη δυνατότητες όπως μουσική σημειογραφία, επεξεργασία μουσικής, σχολιασμός έργου, και αναπαραγωγή της μουσικής που συντίθεται. Η δημιουργία του βασίστηκε εξ ‘ολοκλήρου στη βιβλιοθήκη του JMusic από την οποία χρησιμοποιήθηκαν βασικά αντικείμενα, με τις τροποποιήσεις που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Η σχεδίαση του βασίστηκε στην υποστήριξη της σύνθεσης πολυφωνικής μουσικής χρησιμοποιώντας

πολλαπλές μουσικές αναπαραστάσεις. Η παρούσα υλοποίηση υποστηρίζει σύνθεση μουσικής χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές μουσικές αναπαραστάσεις οι οποίες υποστηρίζουν την κλασική μουσική σημειογραφία με τη χρήση πενταγράμμων και τη σύνθεση μουσικής με χρήση απλούστερων αναπαραστάσεων όπως τα score-rolls. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.6) παρουσιάζεται η δομή του MusicSheet αντικειμένου.



Εικόνα 4.6 Δομή ψηφιακού πενταγράμμου

Το MusicSheet δημιουργήθηκε έτσι ώστε να προσομοιάζει ένα μουσικό τετράδιο, και να προσφέρει έναν αριθμό από σελίδες στις οποίες οι χρήστες συνθέτουν μουσική. Πάνω σε αυτό είναι τοποθετημένα, ανά ζεύγη, πεντάγραμμα στα οποία οι χρήστες συνθέτουν μουσική. Τα αντικείμενα αυτά τοποθετούνται σε έναν υποδοχέα (StavePanel) ο οποίος βρίσκεται εκεί για να καθορίσει την διάταξη με την οποία θα παρουσιάζονται τα πεντάγραμμα. Σε αυτό τον υποδοχέα έχει ανατεθεί ένας μηχανισμός (StaveHandler) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την προσαρμογή των όψεων του ψηφιακού πενταγράμμου. Η όψεις αυτές μπορούν να περιέχουν οποιοδήποτε συνδυασμό από TrebleStave και PianoRoll επιλέξει ο χρήστης. Οι συνδυασμοί αυτοί παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.7. Το πάνω αριστερά εμφανίζεται ένα MusicSheet το οποίο προσφέρει δυο TrebleStaves. Στο επόμενο, (πάνω δεξιά) το MusicSheet αναπαριστά τη μουσική

χρησιμοποιώντας Score-roll και TrebleStave μουσικές αναπαραστάσεις. Τέλος το τρίτο στιγμιότυπο αναπαριστά τη μουσική με τη χρήση αποκλειστικά Score-roll αναπαραστάσεως.



Εικόνα 4.7 Το ψηφιακό πεντάγραμμα

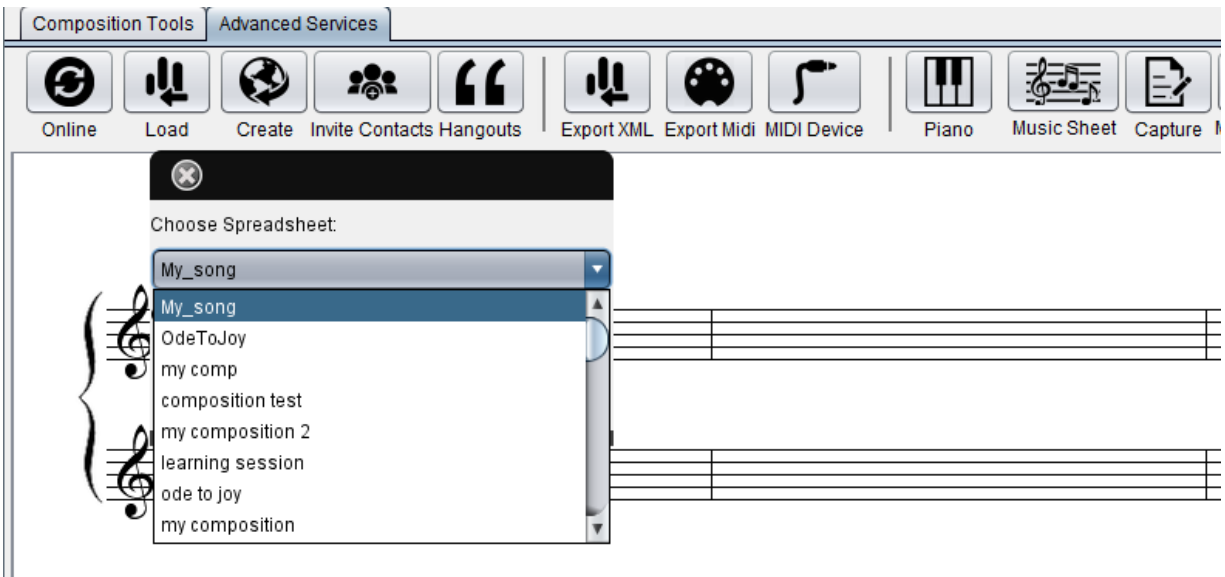
Οι χρήστες μπορούν οποιαδήποτε στιγμή να αλλάξουν μουσική αναπαράσταση χωρίς να αλλοιωθεί το μουσικό περιεχόμενο. Σε περιπτώσεις συνεργατικής εργασίας πάνω στο ίδιο μουσικό κομμάτι η αναπαράσταση που επιλέγει ο ένας χρήστης να εργαστεί δεν επηρεάζει τον τρόπο τον οποίο έχει επιλέξει ο άλλος χρήστης να βλέπει την μουσική που συντίθεται. Έτσι μπορεί για παράδειγμα ο ένας χρήστης να δουλεύει χρησιμοποιώντας την κλασική μουσική σημειογραφία και ο άλλος να βλέπει την μουσική, σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας τη score-roll αναπαράσταση. Η συγκεκριμένη υλοποίηση προσφέρει στους χρήστες την ευελιξία να συνθέτουν μουσική, συνεργατικά, ακόμα και αν δεν έχουν το ίδιο μουσικό υπόβαθρο.

Integration- Ενσωμάτωση επιπλέον βιβλιοθηκών

Πέρα από τις επαυξήσεις και τη δημιουργία νέων διαδραστικών αντικειμένων, επιπλέον βιβλιοθήκες χρησιμοποιήθηκαν για την υποστήριξη της δια-λειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών στιγμιότυπων της εφαρμογής, της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών καθώς και την υποστήριξη της συνεργατικής σύνθεσης μουσικής. Οι λειτουργίες αυτές υποστηρίχθηκαν με τη χρήση διάφορων APIs, τα οποία προσφέρονται από την Google. Τα APIs τα οποία χρησιμοποιήθηκαν είναι: α) Google Spreadsheet API για το συγχρονισμό των χρηστών, β)

Google Drive API, για τη δημιουργία και ανάκτηση αρχείων από το λογαριασμό του κάθε χρήστη και γ) Google Contacts API για την υποστήριξη των προσκλήσεων χρηστών σε μια σύνθεση.

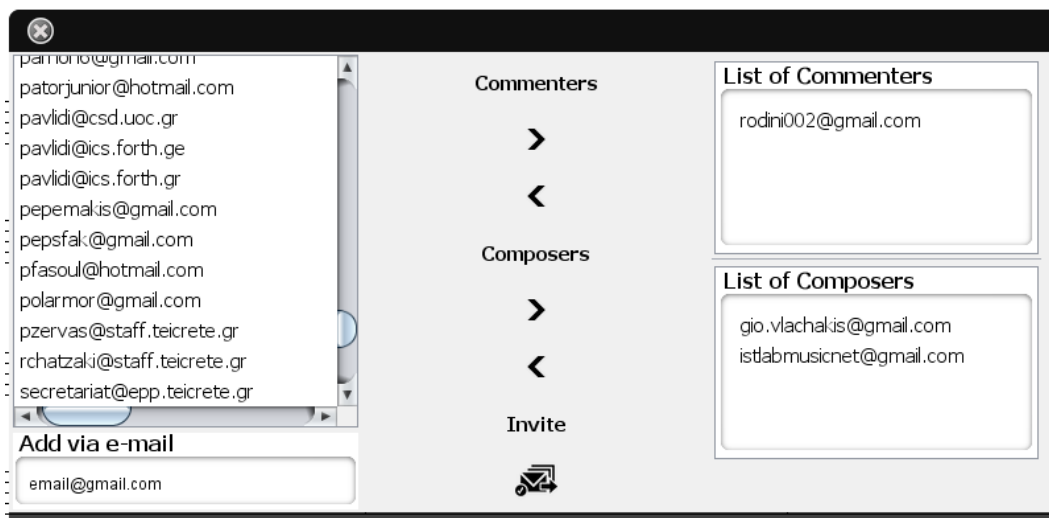
Το SpreadSheet API χρησιμοποιείται για την επικοινωνία εφαρμογής-νέφους. Όπως περιγράφηκε στην αρχιτεκτονική της παρούσας εργασίας τα δεδομένα τα οποία δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή, μετατρέπονται σε XML και τοποθετούνται στο διασυννοριακό αντικείμενο μέσω του SpreadSheet API. Η χρήση του Drive API απελευθερώνει την εφαρμογή από τη χρήση τοπικών αποθετηρίων (local repository) αφού αποθηκεύει τη μουσική εργασία στον αποθηκευτικό χώρο του νέφους ο οποίος προσφέρεται σε κάθε χρήστη. Έτσι οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν, να αποθηκεύσουν και να ανακτήσουν (βλέπε Εικόνα 4.8) τα έργα τους οποιαδήποτε στιγμή.



Εικόνα 4.8 Ανάκτηση σύνθεσης από το νέφος

Μέσω του Contacts API οι χρήστες είναι σε θέση να κοινοποιήσουν το έργο τους σε άλλους χρήστες. Η εφαρμογή ανακτά τις επαφές του χρήστη που είναι συνδεδεμένος σε αυτή, και παρουσιάζοντας τις σε μια λίστα. Από αυτή τη λίστα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει άτομα με τα οποία θέλει να μοιραστεί την εργασία του, επιλέγοντας επιπλέον ρόλους για τους προσκεκλημένους. Στην Εικόνα 4.9 παρουσιάζεται ο μηχανισμός υλοποίησης των προσκλήσεων. Ο μηχανισμός αυτός προσφέρει μια λίστα, μέσω του Contacts API, η οποία περιέχει όλα τα emails με τα οποία έχει επικοινωνήσει ο χρήστης από τον προσωπικό του λογαριασμό. Επίσης προσφέρει ένα πεδίο, (add via email) στο οποίο ο χρήστης μπορεί να

εισάγει απευθείας ένα email, για να προσκαλέσει, σε περίπτωση που αυτό δεν βρίσκεται στη λίστα επαφών. Αφού επιλέξει κάποια επαφή από τη λίστα, ή εισάγει κάποιο email στο κατάλληλο πεδίο, επιλέγει ρόλο για το χρήστη αυτόν. Υπάρχει η δυνατότητα να του αναθέσει το ρόλο του συνθέτη (composer) ή του σχολιαστή (commenter).



Εικόνα 4.9 Διάλογος πρόσκλησης χρηστών

Όταν επιλεγούν οι συνθέτες και οι σχολιαστές αποστέλλονται οι προσκλήσεις στους επιλεγμένους χρήστες οι οποίοι στο εξής μπορούν να ανοίξουν το «τραγούδι» μέσω της δικής τους εφαρμογής. Το MusicSheet είναι σχεδιασμένο να υποστηρίζει δυο μουσικές φωνές, υπάρχει όριο, δυο ατόμων, στον ρόλο των συνθετών, ενώ γι' αυτό των σχολιαστών δεν υπάρχει. Τυχόν έλλειψη τέτοιου περιορισμού είναι πολύ πιθανό να προκαλέσει συγκρούσεις κατά την αποθήκευση των δεδομένων με αποτέλεσμα την αλλοίωση τους.

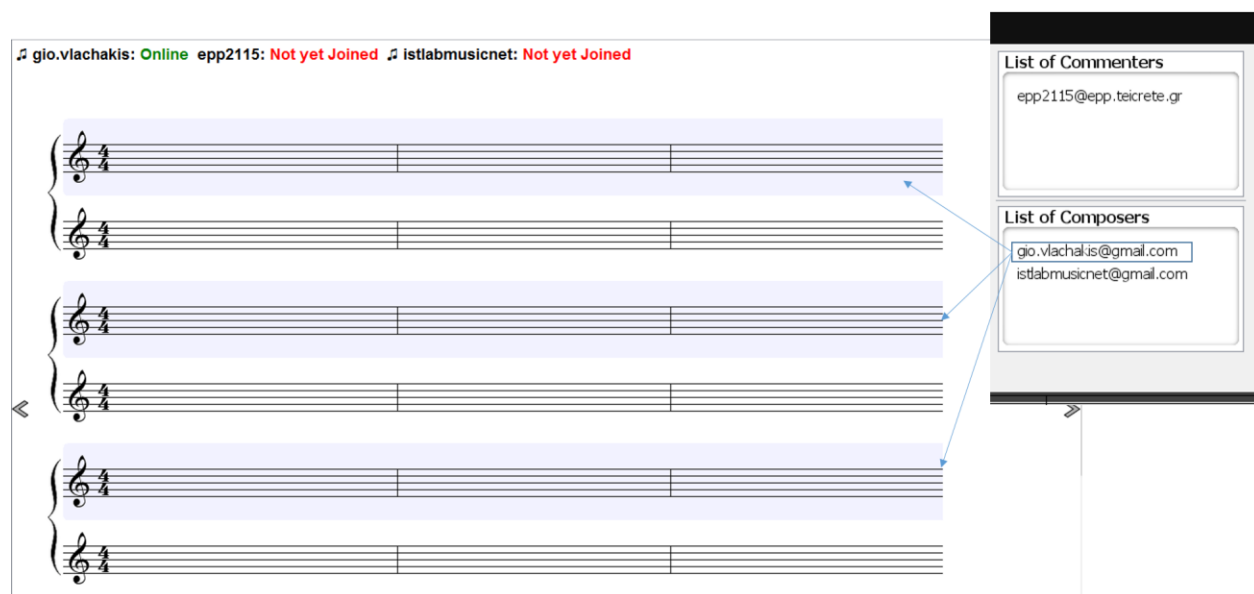
Πρόσθετοι μηχανισμοί διαχείρισης επεκτάσεων

Τέλος, αξίζει να αναφερθούν μια σειρά από πρόσθετους μηχανισμούς που έχουν υλοποιηθεί για την καλύτερη υποστήριξη της αλληλεπίδρασης χρήστη-εφαρμογής. Οι μηχανισμοί αυτοί επικεντρώνονται κυρίως στη διαχείριση των βασικών αντικειμένων της εφαρμογής. Ένας τέτοιος μηχανισμός είναι υπεύθυνος για το χρωματισμό του MusicSheet σε περιπτώσεις συνεργατικής σύνθεσης. Όπως περιγράφηκε παραπάνω, η εφαρμογή υποστηρίζει έως δυο συνθέτες. Αμέσως μετά το τέλος των προσκλήσεων και αφού εντοπιστεί δεύτερος συνθέτης το MusicSheet χρωματίζεται κατάλληλα χρησιμοποιώντας μπλε χρώμα για να υποδείξει στο χρήστη της εφαρμογής ότι η συγκεκριμένη μουσική φωνή έχει ανατεθεί σε αυτόν.

Επίσης στο επάνω μέρος του αντικειμένου τοποθετούνται όλοι οι χρήστες οι οποίοι έχουν δικαίωμα πρόσβασης στο τραγούδι καθώς και η κατάσταση τους. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις χρηστών:

- *online* όταν ο χρήστης βρίσκεται συνδεδεμένος και εργάζεται πάνω στο τραγούδι,
- *away* όταν ο χρήστης παραμένει συνδεδεμένος αλλά έχει περάσει ένα χρονικό διάστημα κατά το οποίο δεν έχει αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή του,
- η κατάσταση *not yet joined* αναφέρεται σε χρήστες στους οποίους έχει κοινοποιηθεί το τραγούδι αλλά δεν το έχουν ανοίξει ποτέ,
- και τέλος με την κατάσταση *offline* χαρακτηρίζονται χρήστες οι οποίοι κατά το παρελθόν έχουν συνδεθεί στη σύνθεση αλλά τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή απουσιάζουν.

Για το διαχωρισμό των συνθετών από τους σχολιαστές η εφαρμογή χρησιμοποιεί το ειδικό σύμβολο “♫”. Στην Εικόνα 4.10 παρουσιάζεται το MusicSheet, όπως αυτό διαμορφώνεται μετά τις προσκλήσεις που παρουσιάστηκαν στην Εικόνα 4.9.

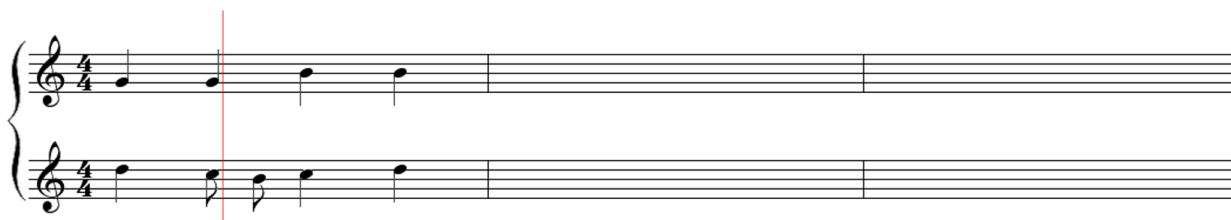


The screenshot displays a web-based music notation interface. At the top, a status bar shows three users: 'gio.vlachakis: Online' (green), 'epp2115: Not yet Joined' (red), and 'istlabmusicnet: Not yet Joined' (red). The main area contains a musical score with four systems of staves, each with a grand staff (treble and bass clefs). A sidebar on the right contains two sections: 'List of Commenters' with the email 'epp2115@epp.teicrete.gr' and 'List of Composers' with the emails 'gio.vlachakis@gmail.com' and 'istlabmusicnet@gmail.com'. Blue arrows point from the sidebar to the corresponding staves in the score.

Εικόνα 4.10 Συνεργατική σύνθεση

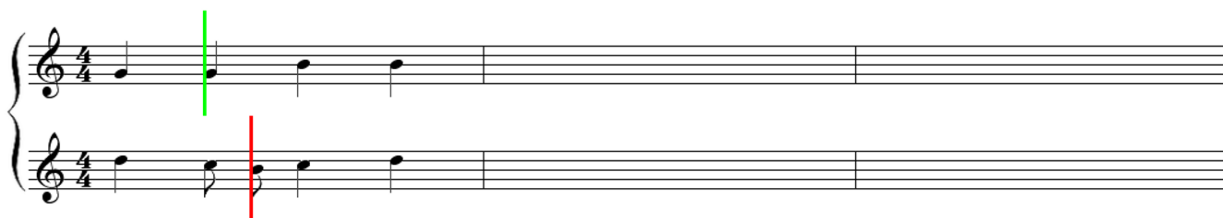
Ένας δεύτερος σημαντικός μηχανισμός είναι το σύστημα του κινητού κέρσορα το οποίο υλοποιήθηκε για να προσομοιάσει τα βήματα εκτέλεσης του κομματιού που συντίθεται. Ο μηχανισμός αυτός ενεργοποιείται κατά την αναπαραγωγή της μουσικής η οποία βρίσκεται στο MusicSheet και προβάλλει έναν κέρσορα ο οποίος κινείται κατά την εκτέλεση της μουσικής από

την εφαρμογή και επισημαίνει σε ποιο σημείο βρίσκεται η αναπαραγωγή. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ δυο διαφορετικών τύπων κέρσορα, έναν “κέρσορα επισκόπησης” (Εικόνα 4.11) ο οποίος διατρέχει και τις δυο μουσικές φωνές ταυτόχρονα, και έναν “κέρσορα επισήμανσης προόδου” (Εικόνα 4.12) ο οποίος εμφανίζεται σαν δυο αυτόνομοι κέρσορες όπου ο κάθε ένας διατρέχει μια μουσική φωνή στο MusicSheet. Ο πρώτος κέρσορας κινείται κατά την αναπαραγωγή βασιζόμενος στο τέμπο που έχει ορίσει ο χρήστης. Είναι συγχρονισμένος έτσι ώστε να βρίσκεται πάνω από μια νότα τη στιγμή την οποία αρχίζει η αναπαραγωγή της, και να συνεχίζει να κινείται προς την επόμενη καθ’ όλη τη διάρκεια για την οποία ακούγεται η νότα την οποία προσπέρασε.



Εικόνα 4.11 Κέρσορας Επισκόπησης

Από την άλλη πλευρά ο κέρσορας επισήμανσης κινείται απευθείας από νότα σε νότα χωρίς να εμφανίζεται στο διάστημα που υπάρχει μεταξύ τους. Είναι ένα σύστημα κερσόρων το οποίο αποτελείται από δυο κέρσορες σε διαφορετικά χρώματα, κόκκινος και πράσινος (βλέπε Εικόνα 4.12), οι οποίοι είναι ανεξάρτητοι ο ένας από τον άλλο. Ομοίως με τον προηγούμενο κέρσορα, βασίζονται στο τέμπο που ορίζει ο χρήστης και κατά την εκτέλεση, βρίσκονται πάνω από μία νότα τη στιγμή την οποία αναπαράγεται και μένουν πάνω σε αυτή καθ’ όλη τη διάρκεια της αναπαραγωγής της.



Εικόνα 4.12 Κέρσορας Επισήμανσης Προόδου

Η χρήση του μηχανισμού αναπαραγωγής με τη χρήση κέρσоров βοηθάει στην απόκτηση μιας ολοκληρωμένης εικόνας της μουσικής. Ο μηχανισμός αυτός ουσιαστικά προσομοιάζει τη μουσική εκτέλεση του κομματιού προσφέροντας μια οπτική αναπαράσταση για την πρόοδο της εκτέλεσης. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του συγχρονισμού μεταξύ των διαφορετικών μουσικών φωνών. Η υλοποίηση τους είναι παρόμοια όμως ο σκοπός τον οποίο εξυπηρετούν είναι διαφορετικός. Στις δυο παραπάνω εικόνες παρουσιάζεται ακριβώς το ίδιο απόσπασμα μουσικής και οι κέρσορες έχουν σταματήσει στο ίδιο σημείο της αναπαραγωγής. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί η θέση του κέρσορα της πρώτης φωνής συμβαδίζει και στις δυο εικόνες, πράγμα που δε συμβαίνει με τη μουσική της δεύτερης φωνής. Αυτό συμβαίνει διότι στη δεύτερη φωνή υπάρχουν δυο νότες αξίας ογδόου (♩) ενώ στην πρώτη μία νότα αξίας τετάρτου (♩) (βλ. Εικόνα 3.3 Αξίες νοτών και παύσεων). Κατά την αναπαραγωγή της μουσικής όταν αυτή φτάσει στο σημείο το οποίο παρουσιάζουν οι παραπάνω εικόνες θα αναπαραχθούν συνολικά τρεις νότες, το τέταρτο της πρώτης φωνής και τα δυο όγδοα της δεύτερης. Με τη χρήση του κέρσορα επισκόπησης δεν είναι άμεσα διακριτό ποια νότα αναπαράγεται κάθε στιγμή, αδυναμία την οποία ικανοποιεί ο κέρσορας επισήμανσης. Άλλη μια περίπτωση κατά την οποία ο κέρσορας επισήμανσης θα μπορούσε να προσφέρει σημαντική βοήθεια είναι η περίπτωση στην οποία θέλουμε να συγκρίνουμε τη μουσική των δυο πενταγράμμων καθώς η χρήση του κέρσορα επισήμανσης καθιστά τις πιθανές αναντιστοιχίες πολύ εύκολο να εντοπισθούν.

Η διάδραση του χρήστη με το βασικό αντικείμενο της εφαρμογής γίνεται κυρίως με τη χρήση του ποντικιού για την εισαγωγή μουσικής. Για την υποστήριξη της σύνθεσης και της επεξεργασίας της μουσικής υλοποιήθηκε ένας προσαρμοσμένος διάλογος (ADialog) ο οποίος περιέχει τρεις διαφορετικές όψεις, κάθε μια από τις οποίες προσφέρει διαφορετικές λειτουργίες στο χρήστη. Ο διάλογος αυτός (Εικόνα 4.13) ενεργοποιείται είτε μέσω του ποντικιού, κάνοντας δεξιά κλικ σε μια νότα, είτε μέσω συντομεύσεων του πληκτρολογίου οι οποίες έχουν δημιουργηθεί για το άνοιγμα τις κάθε όψης. Η όψη Editor προσφέρει τη δυνατότητα στο χρήστη να αλλάξει τη νότα ως προς τη διάρκεια της, να τη μετατρέψει σε παύση, να την αλλοιώσει κατά ένα ημιτόνιο προσθέτοντας δίεση ή ύφεση, ή να τη διαγράψει. Η όψη Comments εμφανίζει όλα τα σχόλια τα οποία υπάρχουν στη συγκεκριμένη νότα. Ο διάλογος περιέχει ένα νήμα συζητήσεων προβάλλοντας τα σχόλια ταξινομημένα από το παλαιότερο στο νεότερο. Εάν κάποιο σχόλιο έχει δεχτεί απάντηση τότε αυτή εμφανίζεται κάτω από αυτό και μετατοπισμένη λίγο πιο δεξιά του, ανεξαρτήτως του αν έχει προηγηθεί κάποιο άλλο σχόλιο πριν από αυτή. Η

τρίτη όψη προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα να προσθέσει και να επεξεργαστεί τους στίχους του τραγουδιού. Ο χρήστης δεν είναι υποχρεωμένος να κλείνει τον διάλογο για να αλλάξει όψη. Οποιαδήποτε στιγμή μπορεί να μεταβεί στις υπόλοιπες όψεις πατώντας τα βέλη που υπάρχουν στο επάνω μέρος του αντικειμένου. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ο διάλογος (ADialog) με όλες τις πιθανές του όψεις.



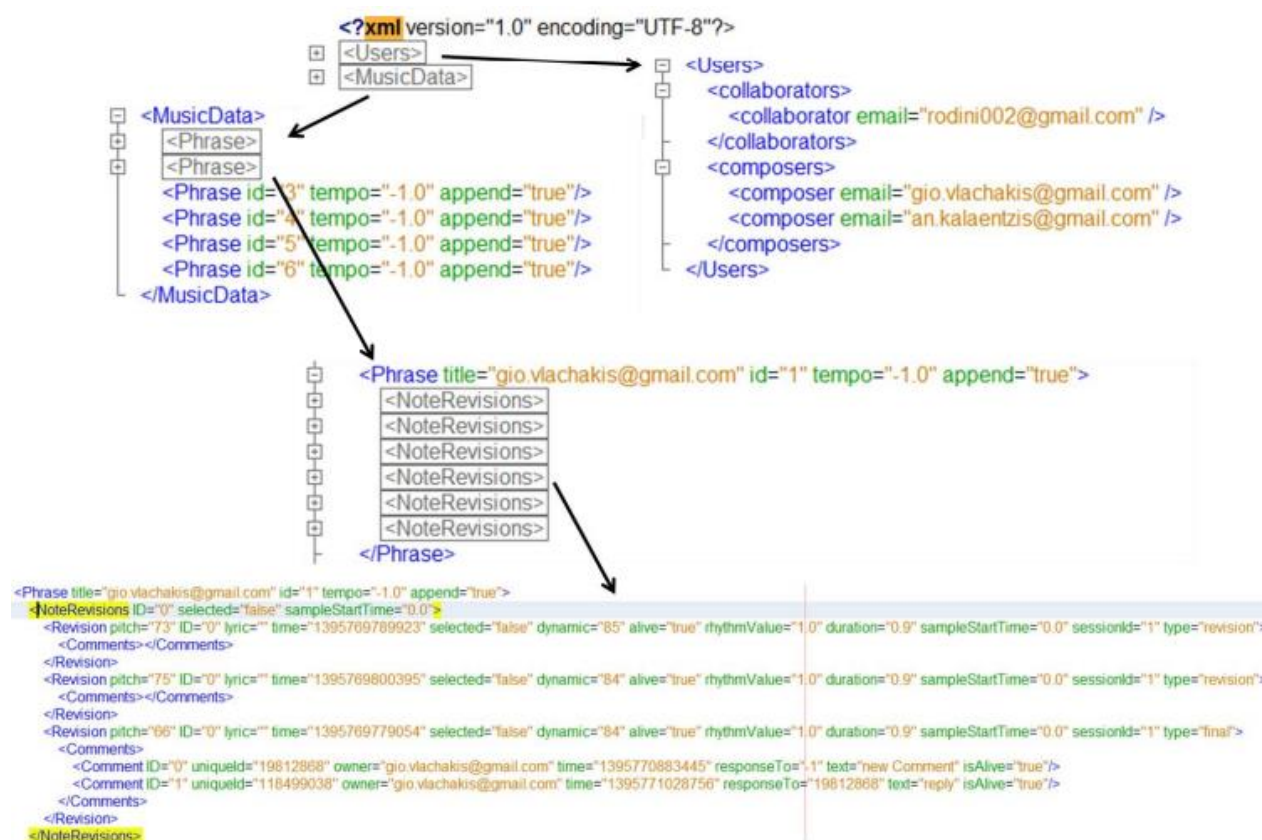
Εικόνα 4.13 ADialog

Διαχείριση γεγονότων & Συγχρονισμός Δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η παρούσα εφαρμογή καταγράφει συγκεκριμένες ενέργειες των χρηστών και τις κωδικοποιεί ως 'γεγονότα' (events). Τα γεγονότα αφορούν ενέργειες οι οποίες γίνονται σε νότες ή σχόλια. Αναγνωρίζονται τέσσερις διαφορετικοί τύποι γεγονότων οι οποίοι είναι: η εισαγωγή ή επεξεργασία μιας νότας, η εισαγωγή ενός σχολίου ή μια απάντηση σε κάποιο ήδη υπάρχον. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε ένα Java Interface "Traceable" το οποίο καθιστά ανιχνεύσιμα αυτά τα γεγονότα. Κάθε γεγονός χαρακτηρίζεται από τα πεδία: χρόνος, είδος και χρήστης τα οποία βοηθούν στην αναγνώριση τους. Ο χρόνος αναφέρεται στη στιγμή της οποίας καταγράφηκε το γεγονός, το είδος του γεγονότος χαρακτηρίζει τον τύπο του και ο χρήστης αναφέρεται στο χρήστη από τον οποίο προήλθε. Με αυτό τον τρόπο η εφαρμογή είναι σε θέση να παρουσιάσει την αλληλουχία των γεγονότων, ταξινομώντας τα σε χρονολογική σειρά. Η πληροφορία που βρίσκεται διασκορπισμένη στο διασυνورياκό

αντικείμενο μπορεί εύκολα να εξαχθεί σε ένα δομημένο αρχείο XML, στο οποίο περιλαμβάνεται όλη η πληροφορία που είναι απαραίτητη για την ανάκτηση/ανακατασκευή της εργασίας.

Στην Εικόνα 4.14 παρουσιάζεται η δομή αυτού του αρχείου και τα δεδομένα τα οποία περιέχει. Αρχικά το αρχείο αυτό είναι χωρισμένο σε δυο μέρη, τους χρήστες (users) και τη μουσική (musicdata). Το πεδίο των χρηστών περιέχει πληροφορία σχετικά με τους χρήστες οι οποίοι έχουν πρόσβαση στο αρχείο καθώς και τα δικαιώματα τα οποία έχει ο κάθε ένας, ταξινομώντας τους κάτω από τις ετικέτες “composers” για τους χρήστες οι οποίοι έχουν δικαίωμα να συνθέσουν μουσική (μέγιστος αριθμός 2 χρήστες) και “collaborators” για τους χρήστες οι οποίοι μπορούν απλά να σχολιάσουν το έργο. Αντίστοιχα, το δεύτερο μέρος του δομημένου αρχείου περιέχει την μουσική την οποία έχουν συνθέσει οι χρήστες περιέχοντας τα σχόλια τις αλλαγές και τους στίχους οι οποίοι έχουν προστεθεί.



Εικόνα 4.14 Ανάκτηση Δεδομένων από το νέφος

Για την δημιουργία του δομημένου αρχείου η υλοποίηση βασίστηκε στον ήδη υπάρχον μηχανισμό τον οποίο προσφέρει το JMusic για την δημιουργία των .jm αρχείων. Το jm αρχείο

είναι αρχείο βασισμένο στο XML το οποίο χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και το διαμοιρασμό μουσικής η οποία έχει δημιουργηθεί μέσω του JMusic. Η επέκταση αυτού του μηχανισμού κωδικοποίησης οδήγησε στη δημιουργία νέων ετικετών (xml tags), για την περιγραφή της εργασίας καταγράφοντας τόσο τη μουσική η οποία υπάρχει στο MusicSheet όσο και τα γεγονότα τα οποία έχουν εντοπιστεί κατά τη συνεργασία των χρηστών. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.15) παρουσιάζεται ένα απόσπασμα του δομημένου αρχείου το οποίο περιέχει τα μουσικά δεδομένα (musicdata).

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<Phrase title="gio.ylachakis@gmail.com" id="1" tempo="-1.0">
  <NoteRevisions ID="0" selected="false" sampleStartTime="0.0">
    <Revision pitch="69" ID="0" time="1415796421107" selected="false" dynamic="85"
      alive="true" lyric="" rhythmValue="1.0" duration="0.9" sampleStartTime="0.0" sessionId="1" type="final">
      <Comments>
        <Comment ID="0" uniqueId="511461840" owner="gio.ylachakis@gmail.com" time="1415796431828" responseTo="-1" text="comment" isAlive="true"/>
        <Comment ID="1" uniqueId="447564835" owner="gio.ylachakis@gmail.com" time="1415796440049" responseTo="511461840" text="reply to comment" isAlive="true"/>
        <Comment ID="2" uniqueId="1739894959" owner="giannis181@gmail.com" time="1415796683944" responseTo="511461840" text="reply to comment 2" isAlive="true"/>
      </Comments>
    </Revision>
  </NoteRevisions>
  <NoteRevisions ID="1" selected="false" sampleStartTime="0.0">
    <Revision pitch="72" ID="0" time="1415796448929" selected="false" dynamic="85"
      alive="true" lyric="" rhythmValue="1.0" duration="0.9" sampleStartTime="0.0" sessionId="1" type="revision">
      <Comments></Comments>
    </Revision>
    <Revision pitch="73" ID="1" time="1415796421570" selected="false" dynamic="85"
      alive="true" lyric="" rhythmValue="1.0" duration="0.9" sampleStartTime="0.0" sessionId="1" type="final">
      <Comments></Comments>
    </Revision>
  </NoteRevisions>
  <NoteRevisions ID="2" selected="false" sampleStartTime="0.0">
    <Revision pitch="72" ID="2" time="1415796422026" selected="false" dynamic="85"
      alive="true" lyric="" rhythmValue="1.0" duration="0.9" sampleStartTime="0.0" sessionId="1" type="final">
      <Comments></Comments>
    </Revision>
  </NoteRevisions>
</Phrase>

```

Εικόνα 4.15 Καταγραφή γεγονότων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η πληροφορία διασκορπίζεται στο διασυννοριακό αντικείμενο σε συγκεκριμένα κελιά. Η παραπάνω εικόνα παρουσιάζει το περιεχόμενο ενός τέτοιου κελιού, στο οποίο είναι τοποθετημένα δεδομένα από κάποιο score του MusicSheet. Στην ετικέτα phrase ορίζεται το πεδίο id το οποίο χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των δεδομένων από την εφαρμογή. Τα δεδομένα αυτά είναι χρήσιμα για την ανάκτηση και την αποθήκευση της εργασίας στο διασυννοριακό αντικείμενο. Κατά τη φόρτωση μιας εργασίας από το νέφος η εφαρμογή ανακτά από το διασυννοριακό αντικείμενο ένα πλήθος τέτοιων XML όπως αυτό που παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.15, και μέσω του id που υπάρχει στην ετικέτα του phrase τοποθετεί τα δεδομένα στο κατάλληλο score. Ο τίτλος του phrase αντιστοιχεί στο χρήστη στον οποίο έγραψε τη συγκεκριμένη μουσική, στον οποίο ανατίθεται εκ νέου το αντίστοιχο score. Αφού εντοπισθεί το score, τοποθετείται στο κατάλληλο σημείο του MusicSheet. Για την αναγνώριση των μουσικών δεδομένων η εφαρμογή αναζητά την πληροφορία η οποία βρίσκεται κάτω από τις ετικέτες NoteResvisions. Η ετικέτα αυτή αναφέρεται στις νότες που περιέχει το

score. Κάθε NoteRevision είναι μια τοποθετημένη νότα και μέσα περιέχει μια δεύτερη ετικέτα Revision. Με αυτή την ετικέτα η εφαρμογή αναγνωρίζει τις αλλαγές τις οποίες έχει υποστεί μια νότα. Για παράδειγμα σε περίπτωση που μια νότα έχει υποστεί δυο τροποποιήσεις τότε στο αντίστοιχο NoteRevisions θα υπάρχουν τρία Revisions. Η ετικέτα revision αποθηκεύει τις απαραίτητες πληροφορίες για τη νότα. Οι πληροφορίες αυτές είναι:

- i. **pitch**: ένας ακέραιος αριθμός από το 23-127 ο οποίος αντιστοιχεί στη MIDI αρίθμηση της νότας (π.χ. Ντο 5^{ης} οκτάβας = 60)
- ii. **ID**: ακέραιος αριθμός ο οποίος μας δείχνει πιο revision της νότας είναι αυτό. ID με τιμή 0 αναφέρεται στην εισαγωγή της νότας.
- iii. **time**: Η ακριβής ώρα την οποία εισήχθη ή παραμετροποιήθηκε η νότα.
- iv. **selected**: Λογική τιμή η οποία καταδεικνύει εάν η συγκεκριμένη νότα είναι επιλεγμένη από το χρήστη. Εάν είναι η νότα χρωματίζεται με κόκκινο χρώμα.
- v. **dynamic**: ακέραια τιμή με εύρος 0-127 η οποία αντιστοιχεί στη δυναμική της νότας. Όσο μεγαλύτερη είναι η δυναμική μιας νότας τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση με την οποία αναπαράγεται.
- vi. **lyric**: κείμενο με τους στίχους τους οποίους έχει προσθέσει ο συνθέτης κάτω από τη νότα.
- vii. **sessionId**: Ακέραιος αριθμός ο οποίος φανερώνει σε ποια συνεδρία εισήχθη ή παραμετροποιήθηκε η συγκεκριμένη νότα.
- viii. **Type**: Κείμενο με δυο πιθανές τιμές, *revision* σε περίπτωση που η συγκεκριμένη νότα έχει παραμετροποιηθεί ή *final* σε περίπτωση που αυτή είναι η τελική κατάσταση της νότας.
- ix. **rhythmValue, duration, sampleStartTime**: δεκαδικές τιμές από το 0,25 έως το 4.0 οι οποίες χαρακτηρίζουν τη διάρκεια της νότας, και βοηθούν στην αναπαραγωγή της.

Επιπλέον κάτω από την ετικέτα revisions υπάρχει η ετικέτα Comments η οποία περιέχει τα σχόλια τα οποία έχουν γίνει για τη συγκεκριμένη νότα. Οι πληροφορίες οι οποίες περιέχονται στα σχόλια είναι οι εξής:

- i. **id**: ακέραιος αριθμός ο οποίος καταδεικνύει τη σειρά με την οποία προστέθηκαν τα σχόλια.

- ii. **uniqueId**: μοναδικός αριθμός για κάθε σχόλιο ο οποίος χρησιμοποιείται για την αναγνώριση του σχολίου.
- iii. **owner**: το όνομα του χρήστη ο οποίος έκανε το σχόλιο.
- iv. **time**: η ακριβής ημερομηνία την οποία έγινε το σχόλιο.
- v. **responseTo**: καταδεικνύει ότι το σχόλιο αποτελεί απάντηση σε κάποιο προγενέστερο αναγράφοντας το uniqueId του σχολίου στο οποίο απαντά. Σε περίπτωση που δεν αποτελεί απάντηση τιμή του είναι -1.
- vi. **text**: το κείμενο του σχολίου.
- vii. **isAlive**: Λογική τιμή η οποία φανερώνει εάν το σχόλιο είναι ορατό (isAlive=true) ή αν έχει διαγραφεί από το χρήστη (isAlive=false).

Με τρόπο αντίστοιχο αυτού που περιγράφηκε παραπάνω γίνεται η διαδικασία της αποθήκευσης των δεδομένων στο διασυννοριακό αντικείμενο. Η εφαρμογή κωδικοποιεί τα δεδομένα του MusicSheet σε XML προσθέτοντας όλες τις κατάλληλες ετικέτες και τα απαραίτητα χαρακτηριστικά τα οποία για την αποθήκευση των δεδομένων και τα τοποθετεί στα κατάλληλα κελιά του διασυννοριακού αντικειμένου. Η διαδικασία της ανάκτησης των δεδομένων γίνεται αρχικά κατά τη φόρτωση μιας εργασίας από το Drive του χρήστη και στη συνέχεια επαναλαμβάνεται μόνο για τα δεδομένα των υπολοίπων χρηστών και όχι για τα δεδομένα του χρήστη της εφαρμογής. Η μερική αυτή ανάκτηση δεδομένων γίνεται περιοδικά κάθε ένα δευτερόλεπτο χωρίς να διακόπτει όμως τη διάδραση του χρήστη με την εφαρμογή. Έτσι ο χρήστης μπορεί να συνεχίζει απρόσκοπτα την εργασία του και ταυτόχρονα να βλέπει την πρόοδο που σημειώνει η εργασία του άλλου χρήστη. Από την άλλη πλευρά η διαδικασία της αποθήκευσης των δεδομένων στο διασυννοριακό αντικείμενο όταν εντοπιστεί από την εφαρμογή κάποιο γεγονός. Κάθε φορά που μια ενέργεια του χρήστη αλλάξει το περιεχόμενο του MusicSheet το XML ανανεώνεται και αποθηκεύεται εκ νέου στο διασυννοριακό αντικείμενο αντικαθιστώντας το ήδη υπάρχον. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.16) παρατίθεται ο κώδικας για τη λήψη και την αποστολή των δεδομένων από και προς το νέφος. Η μέθοδος *getPhrases()*, αντλεί τα δεδομένα των κελιών που έχουν οριστεί από την εφαρμογή και επιστρέφει έναν πίνακα με τα δεδομένα σε XML μορφή. Από την άλλη η μέθοδος *uploadPhraseToCloud()*, δέχεται δυο ορίσματα, το μοναδικό αναγνωριστικό του score που εντοπίστηκε η αλλαγή, και το αλλαγμένο

περιεχόμενο του σε XML. Στη συνέχεια προωθεί την πληροφορία στο διασυννοριακό αντικείμενο και την τοποθετεί στο κατάλληλο κελί.

Ο τρόπος αποθήκευσης των δεδομένων καθώς και η καταγραφή των γεγονότων είναι σε θέση να προσφέρουν μια ιστορική ανασκόπηση της εργασίας των χρηστών. Βασιζόμενοι στα δεδομένα τα οποία καταγράφονται από την εφαρμογή είμαστε σε θέση να ανά-κατασκευάσουμε την εργασία των χρηστών βήμα-βήμα, από την αρχή έως το τέλος. Η διαδικασία αυτή θα ήταν χρήσιμη σε σενάρια στα οποία θα θέλαμε να εξάγουμε συμπεράσματα για τη σύνθεση τα οποία δεν είναι ορατά από το τελικό αποτέλεσμα. Από μία τέτοια διαδικασία θα μπορούσε να αναδειχτούν καθοριστικά γεγονότα μιας σύνθεσης όπως οι προτάσεις για παραμετροποίηση της μουσικής από τον ένα συνθέτη στον άλλο, η επισήμανση λαθών στη σύνθεση ή και σχολιασμός της τρέχουσας εργασίας κατά τη σύνθεσή της.

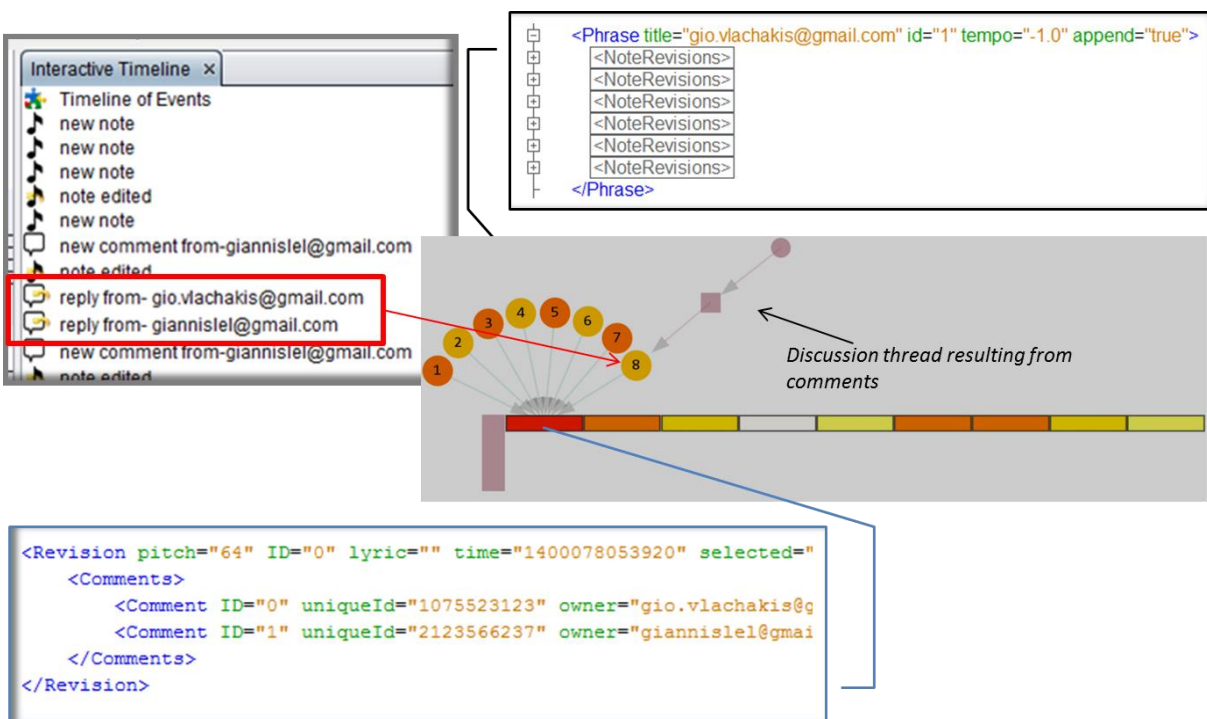
```
public static synchronized String[] getPhrases() {
    URL cellFeedUrl = null;
    String[] phrases = null;
    cellFeedUrl = new URI(getCurrentWorkSheet().getCellFeedUrl().toString()
        + "?min-row="
        + Integer.toString(PHRASE_XML_ROW)
        + "&max-row="
        + Integer.toString(PHRASE_XML_ROW)).toURL();
    if (cellFeedUrl != null) {
        List<CellEntry> s = getCellFeed(cellFeedUrl).getEntries();
        phrases = new String[s.size()];
        for (int i = 0; i < s.size(); i++) {
            phrases[i] = s.get(i).getCell().getValue();
        }
    }
    return phrases;
}

private static synchronized uploadPhrasetoCloud(int id, String xml) {
    CellFeed cellfeed=
    Synchronizer.getSpreadsheetservice().getFeed(Synchronizer.getCurrentWorkSheet()
        .getCellFeedURL(),CellFeed.class);
    CellEntry c= new CellEntry(Synchronizer.PHRASE_XML_ROW,id,xml);
    cellfeed.insert(c);
}
```

Εικόνα 4.16 Λήψη και αποστολή δεδομένων στο διασυννοριακό αντικείμενο

Στην Εικόνα 4.17 παρουσιάζεται ένα πρωτότυπο οπτικοποίησης τέτοιων γεγονότων βασιζόμενο στο παραγόμενο XML την εφαρμογής το οποίο έγινε με τη χρήση της βιβλιοθήκη οπτικοποιήσεων pufuse. Ως είσοδος στο μηχανισμό έχει δοθεί το XML το οποίο παράχθηκε από την εφαρμογή. Στα αριστερά της εικόνας υπάρχουν τα Events όπως αυτά παρουσιάζονται από

την εφαρμογή, ενώ στο κέντρο με γκρι σκίαση παρουσιάζεται η οπτικοποίηση. Σε αυτήν οι νότες παρουσιάζονται ως παραλληλόγραμμα τα οποία είναι χρωματισμένα ανάλογα με το τονικό ύψος της νότας. Κάθε νότα η οποία παρουσιάζεται βρίσκεται στην τελική της μορφή (type=final), ενώ οι ενδιάμεσες καταστάσεις της εμφανίζονται επιλέγοντας τη νότα. Για παράδειγμα η 1η νότα έχει δεχτεί 8 παραμετροποιήσεις πριν φτάσει στην τελική της μορφή ενώ στο κατά την όγδοη παραμετροποίηση της παρουσιάζονται δύο σχόλια πάνω σε αυτή.



Εικόνα 4.17 Οπτικοποίηση γεγονότων

Σύνοψη

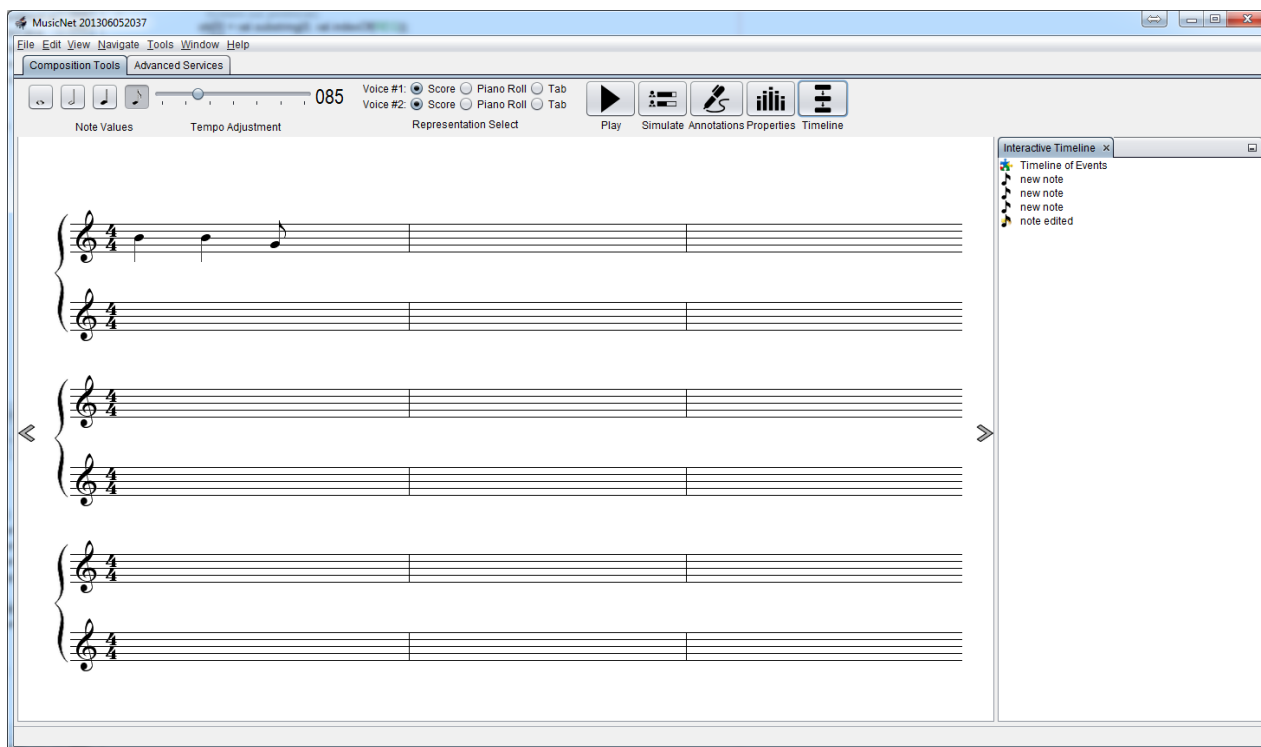
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάσαμε τη σχεδιαστική λογική που διέπει το πρωτότυπο που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά παρουσιάστηκε η αρχιτεκτονική πάνω στην οποία βασίζεται η υλοποίηση αναλύοντας τις βασικές οντότητες οι οποίες εμπλέκονται σε αυτή. Στη συνέχεια παραθέσαμε μια λεπτομερή περιγραφή της σχεδίασης, παρουσιάζοντας όλες τις απαραίτητες παρεμβάσεις οι οποίες έγιναν σε εξωτερικές βιβλιοθήκες για την υποστήριξη των λειτουργιών της εφαρμογής. Τέλος, εκθέσαμε συνοπτικά όλες τις βασικές λειτουργίες της εφαρμογής δικαιολογώντας την αναγκαιότητα τους.

Κεφάλαιο 5 - Επίδειξη εφαρμογής & Σενάριο Χρήσης

Έχοντας παρουσιάσει την αρχιτεκτονική του συστήματος και τις διαδικασίες επέκτασης, εμπλουτισμού και ενσωμάτωσης εξωτερικών βιβλιοθηκών για την υποστήριξη των λειτουργιών του, σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η υλοποιημένη εφαρμογή. Αρχικά παρουσιάζεται η διεπαφή χρήστη που υλοποιήθηκε επεξηγώντας τις επιμέρους λειτουργίες της καθώς και τις διαδικασίες τις οποίες πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης για να τις επιτύχει. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα υποθετικό σενάριο χρήσης που αποσκοπεί στην καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών αυτών.

Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής και βασικές λειτουργίες

Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής αποτελείται από δυο μέρη, το MusicSheet, για την εισαγωγή και επεξεργασία μουσικής, και την μπάρα εργαλείων (Εικόνα 5.1). Μέσω της μπάρας εργαλείων (καρτέλα composition tools) προσφέρονται στο χρήστη εργαλεία τα οποία εξυπηρετούν τη σύνθεση μουσικής.



Εικόνα 5.1 Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής

Τα εργαλεία από τα αριστερά προς τα δεξιά όπως φαίνονται στην παραπάνω εικόνα είναι:

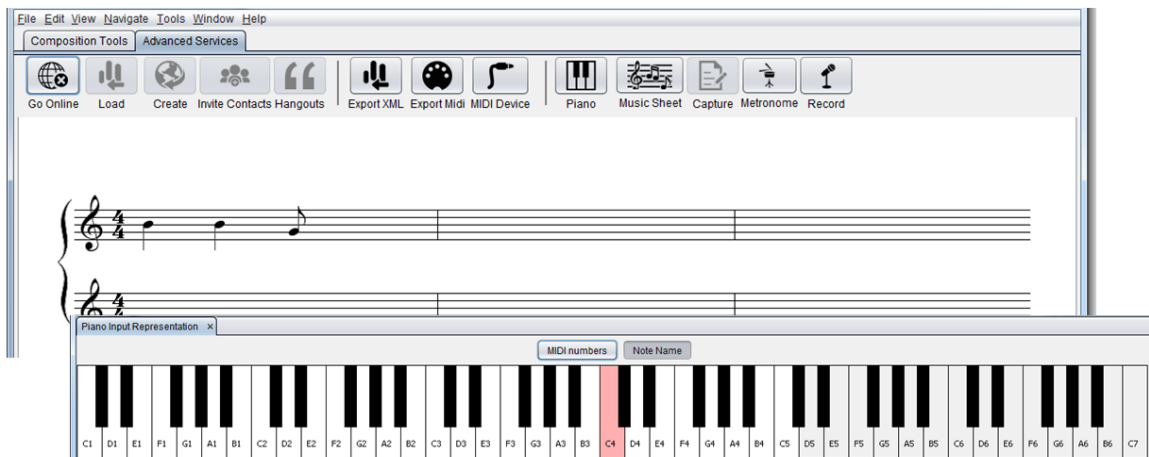
- i. **Note Values.** Το note values προσφέρει 4 κουμπιά μέσω των οποίων ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την αξία της επόμενης νότας που θα προσθέσει.
- ii. **Tempo adjustment.** Ρυθμιστής Tempo (μέτρηση σε beats-per-minute bmp).
- iii. **Representation select.** Αλλαγή αναπαραστάσεων MusicSheet. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και να εργαστεί σε όποιο συνδυασμό score και score-roll επιθυμεί. Επιπλέον προσφέρεται και η guitar TAB αναπαράσταση η οποία όμως δεν είναι δια δραστική.
- iv. **Play.** Αναπαραγωγή του περιεχομένου του MusicSheet με τη χρήση του κέρσορα επισκόπησης.
- v. **Simulate.** Αναπαραγωγή του περιεχομένου του MusicSheet με τη χρήση του κέρσορα επισήμανσης προόδου. Επιπλέον ο χρήστης μπορεί να ορίσει ποια από τις δυο (ή και οι δυο) φωνές θα ακούγεται.
- vi. **Annotations.** Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την ειδοποίηση των σχολίων.
- vii. **Timeline.** Ενεργοποιεί τη ροή γεγονότων (interactive timeline) που βρίσκεται δεξιά από το MusicSheet.

Η δεύτερη καρτέλα της μπάρας εργαλείων, παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5.2), προσφέρει τις παρακάτω λειτουργίες:

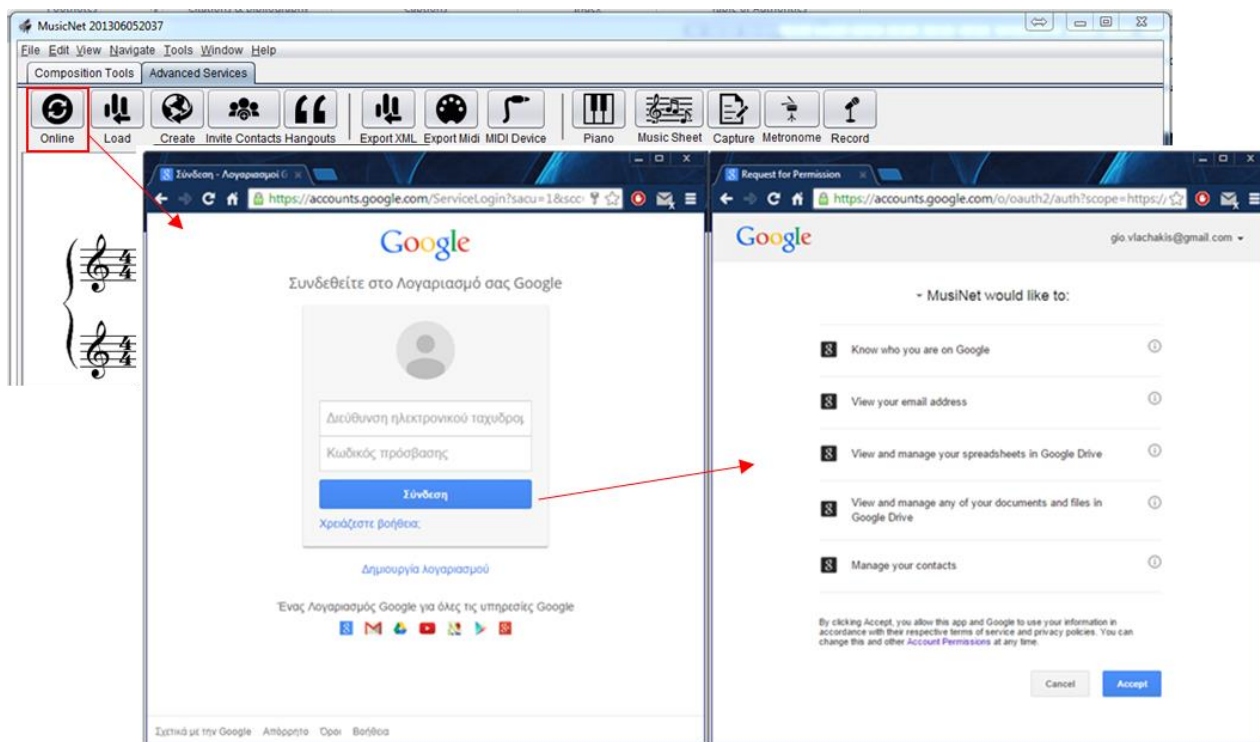
- i. **Go online.** Πατώντας το κουμπί αυτό η εφαρμογή ζητάει από το χρήστη να συνδεθεί στο Google λογαριασμό του. Αφού πραγματοποιηθεί η σύνδεση τότε ενεργοποιούνται τα κουμπιά load και create.
- ii. **Load.** Ενεργοποιείται εφόσον ο χρήστης έχει καταφέρει να συνδεθεί στο λογαριασμό του. Χρησιμοποιείται για την ανάκτηση παλαιότερων συνθέσεων. Προσφέρει ένα μενού με όλα τα διαθέσιμα υπολογιστικά φύλλα που βρίσκονται στο Drive του χρήστη από τα οποία ο χρήστης διαλέγει αυτό που επιθυμεί. Αφού ολοκληρωθεί η ανάκτηση ο χρήστης είναι σε θέση να προσκαλέσει περισσότερους χρήστες και να ορίσει Hangout.
- iii. **Create.** Ενεργοποιείται εφόσον ο χρήστης έχει καταφέρει να συνδεθεί στο λογαριασμό του. Δημιουργεί ένα νέο υπολογιστικό φύλλο στο Drive του χρήστη με το όνομα που του δίνεται από αυτόν. Αφού ολοκληρωθεί η δημιουργία του

αρχείου, ο χρήστης είναι σε θέση να προσκαλέσει περισσότερους χρήστες και να ορίσει Hangout. Κατά τη δημιουργία του αρχείου ο χρήστης έχει την επιλογή να συμπεριλάβει τη μουσική την οποία έχει συνθέσει ως τώρα, στο νέο υπολογιστικό φύλλο, ή να την παραλείψει. Για να παραλείψει την μουσική η οποία υπάρχει στο MusicSheet επιλέγει ένα checkbox «blank MusicSheet» το οποίο εμφανίζεται κατά την εισαγωγή του ονόματος του αρχείου.

- iv. **Invite Contacts.** Ενεργοποιείται μετά την ολοκληρωμένη ανάκτηση παλαιότερου αρχείου ή τη δημιουργία νέου. Προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα να προσκαλέσει περισσότερους χρήστες, επιλέγοντας ρόλο για τον κάθε χρήστη.
- v. **Hangouts.** Ενεργοποιείται μετά την ολοκληρωμένη ανάκτηση παλαιότερου αρχείου ή τη δημιουργία νέου. Την πρώτη φορά που θα επιλεγεί ζητά από το χρήστη να του ορίσει ένα Hangout URL. Κάθε επόμενη φορά ανακατευθύνει το χρήστη στο συγκεκριμένο Hangout μέσω του browser.
- vi. **Export XML.** Εξάγει το περιεχόμενο του MusicSheet σε XML αρχείο.
- vii. **Export MIDI.** Εξάγει το περιεχόμενο του MusicSheet σε MIDI αρχείο (δυνατότητα η οποία προσφέρεται εγγενώς από το JMusic).
- viii. **Midi Device.** Αναζητά τυχόν MIDI συσκευές οι οποίες είναι συνδεδεμένες στον υπολογιστή. Αφού εντοπιστεί κάποια ο χρήστης μπορεί να την επιλέξει ως μέσο διάδρασης με την εφαρμογή.
- ix. **Piano.** Ενεργοποιεί το εικονικό πιάνο, το οποίο δέχεται είσοδο από το πληκτρολόγιο. Η διεπαφή του πιάνο παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.2.
- x. **MusicSheet.** Επαναφέρει το MusicSheet σε περίπτωση που δεν εμφανίζεται σωστά, αυτό μπορεί να γίνει σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει να μετακινήσει τα παράθυρα της εφαρμογής από την προεπιλεγμένη τους θέση. Επίσης ανοίγει το MusicSheet σε περίπτωση που ο χρήστης το έχει κλείσει.
- xi. **Capture.** Η εισαγωγή μουσικής από midi συσκευή ή το εικονικό πιάνο επιτρέπεται μόνο όταν είναι επιλεγμένο.
- xii. **Metronome.** Ενεργοποιεί έναν μετρονόμο ο οποίος βασίζεται στο tempo που έχει επιλέξει ο χρήστης.
- xiii. **Record.** Χρησιμοποιείται για να καταγράψει τοπικά τη μουσική που αναπαράγει ο χρήστης από μια midi συσκευή ή το εικονικό πιάνο.



Εικόνα 5.2 Εργαλειοθήκη εφαρμογής

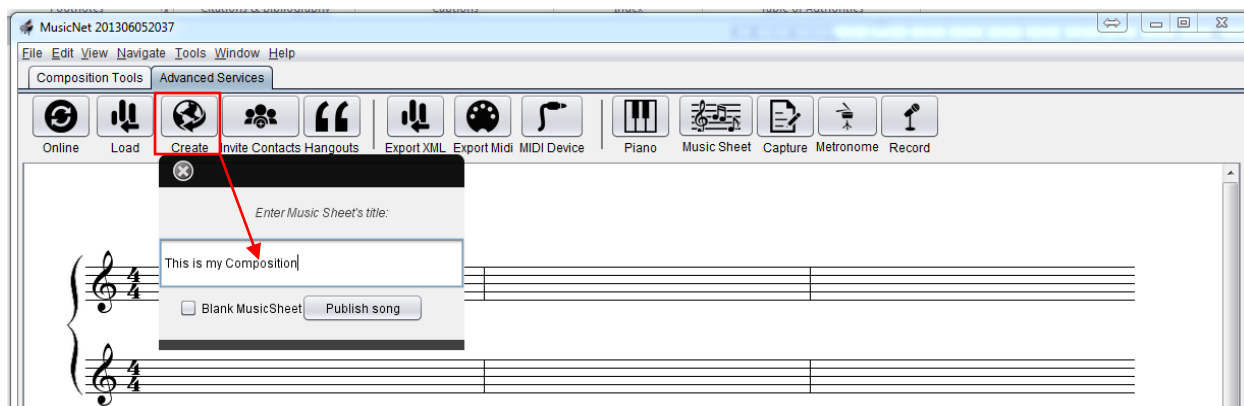


Εικόνα 5.3 Εισαγωγή στοιχείων (αριστερά) και σύνδεση εφαρμογής με το νέφος (δεξιά)

Σενάριο Χρήσης

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται ένα σενάριο χρήσης της εφαρμογής, το οποίο έχει σκοπό την ανάδειξη των λειτουργιών της. Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής ο χρήστης μπορεί να αρχίσει τη σύνθεση ενός κομματιού μόνος του χρησιμοποιώντας τα εργαλεία τα οποία προσφέρονται από την εφαρμογή όπως παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο (Εικόνα

5.1). Ο χρήστης μπορεί να συνεχίσει τη σύνθεση μέχρις ότου αποφασίσει ότι θέλει να μοιραστεί τη δουλειά του με άλλους χρήστες. Τότε επιλέγοντας την “go online” επιλογή, η εφαρμογή ζητά από το χρήστη να συμπληρώσει τα στοιχεία του για να συνδεθεί στο λογαριασμό που διατηρεί στο περιβάλλον της Google (Εικόνα 5.3 αριστερά). Αφού γίνει η σύνδεση ο χρήστης δίνει δικαιώματα στην εφαρμογή για την προσπέλαση των αρχείων που έχει αποθηκεύσει στο νέφος (Εικόνα 5.3 δεξιά). Για τη σύνδεση του χρήστη και την προσπέλαση των αρχείων του ακολουθούνται οι διαδικασίες που προσφέρουν τα API της Google προστατεύοντας το λογαριασμό του χρήστη. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, ο χρήστης είναι σε θέση αρχικά να δημιουργήσει ένα νέο έγγραφο στο Drive του και μετέπειτα να προσκαλέσει τους χρήστες τους οποίους επιθυμεί. Η δημιουργία του αρχείου γίνεται μέσω του κουμπιού “create” που βρίσκεται στην εργαλειοθήκη της εφαρμογής (Εικόνα 5.4).

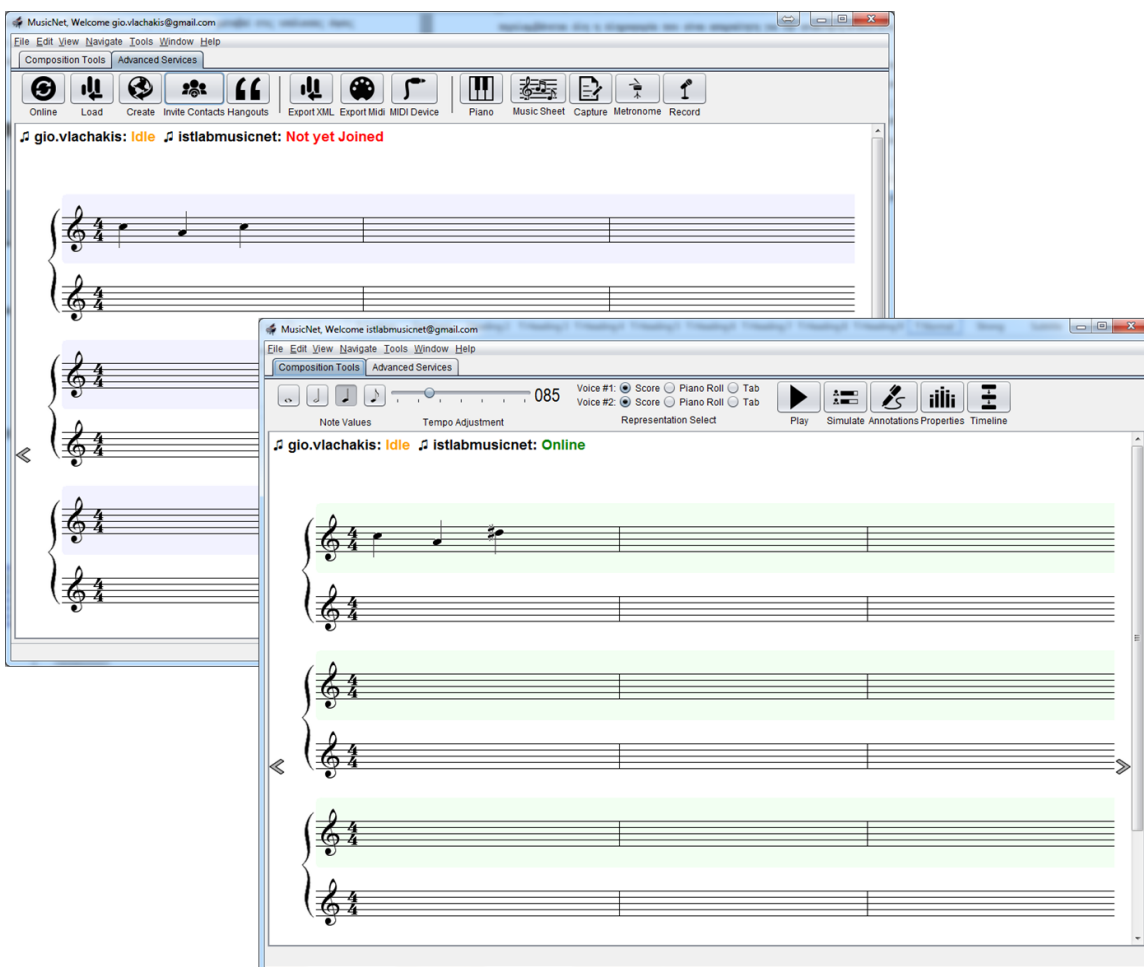


Εικόνα 5.4 Δημιουργία τραγουδιού και εγκαθίδρυση σύνδεσης με το νέφος

Αφού εισάγει ένα όνομα για το τραγούδι το οποίο δημιουργεί και πατώντας το κουμπί “publish song” η εφαρμογή μεταφέρει όλα τα δεδομένα του MusicSheet στο διασυννοριακό αντικείμενο το οποίο μόλις δημιούργησε. Από το σημείο αυτό και στο εξής όλες οι αλλαγές που κάνει ο χρήστης προωθούνται αυτόματα στο διασυννοριακό αντικείμενο. Μέσω του κουμπιού invite μπορεί να προσκαλέσει τους χρήστες που επιθυμεί (Εικόνα 4.9) στους οποίους αυτόματα δίνεται πρόσβαση στο αρχείο, ανάλογα με τα δικαιώματα που επιλέγει ο κάτοχος του αρχείου, ενώ επίσης τους αποστέλλεται ένα e-mail το οποίο τους ειδοποιεί ότι το συγκεκριμένο αρχείο έχει διαμοιραστεί σε αυτούς.

Μετά την πρόσκληση των χρηστών γίνεται έλεγχος ρόλων, εντοπίζοντας τον αριθμό των συνθετών οι οποίοι έχουν προστεθεί στο τραγούδι. Σε περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν δυο συνθέτες η εφαρμογή προσαρμόζει κατάλληλα το MusicSheet αντικείμενο χρωματίζοντας

το έτσι ώστε να υποδεικνύει στο κάθε χρήστη τα πεντάγραμμα στα οποία του επιτρέπεται να προσθέσει μουσική. Σε περίπτωση όπου ο χρήστης προσθέσει νότες ή κάνει αλλαγές σε πεντάγραμμα που δεν του επιτρέπεται, η εφαρμογή αυτόματα αναιρεί τις συγκεκριμένες αλλαγές. Επιπλέον στο πάνω μέρος του MusicSheet παρουσιάζονται όλοι οι προσκεκλημένοι χρήστες καθώς και η κατάσταση τους (αν έχουν ή όχι συνδεθεί). Οι χρήστες της εφαρμογής είναι σε θέση να δουλεύουν σε όποια αναπαράσταση επιθυμούν, καθώς και να βλέπουν το έργο του άλλου όπως επιθυμούν, ανεξάρτητα με την αναπαράσταση την οποία έχει επιλέξει να εργαστεί ο άλλος χρήστης.

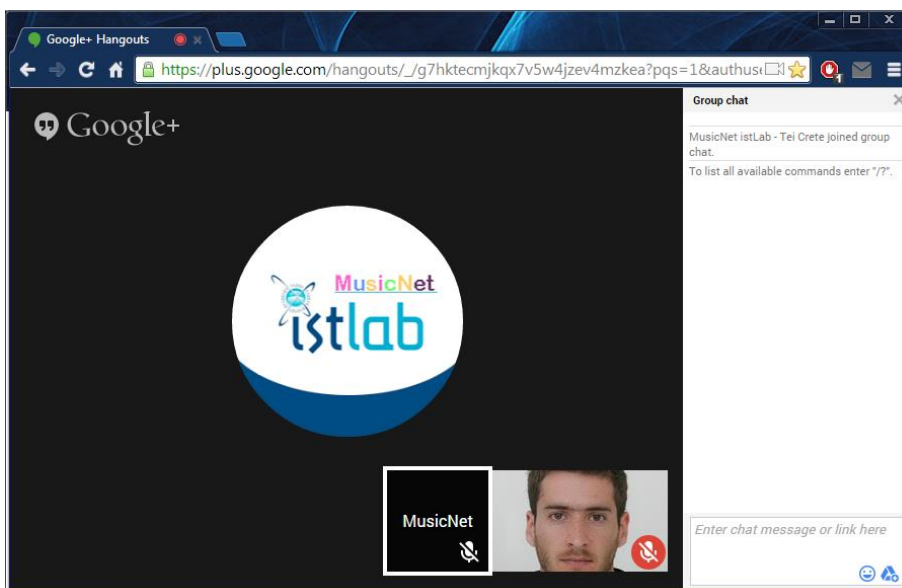


Εικόνα 5.5 Προσαρμογή MusicSheet και παρουσίαση χρηστών

Στην Εικόνα 5.5 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο της εφαρμογής το οποίο περιέχει ένα χρωματισμένο MusicSheet. Όπως φαίνεται στην εικόνα και οι δυο συμμετέχοντες έχουν δικαίωμα συνθέτη. Ο πρώτος (*gio.vlachakis*) έχει τον έλεγχο των πενταγράμμων 1, 3 και 5 στα οποία έχει προστεθεί μια μπλε σκίαση. Η σκίαση αυτή προστίθεται πάντα στα πεντάγραμμα 1,3,

και 5. Σε περίπτωση όπου ο χρήστης δεν έχει δικαίωμα πρόσβασης σε αυτά (σε αυτή τη περίπτωση ο *istlabmusicnet*), η σκίαση θα ήταν πράσινη. Τα δυο στιγμιότυπα τις εικόνες παρουσιάζει τον τρόπο προσαρμογής της εφαρμογής. Το πρώτο στιγμιότυπο, που βρίσκεται στο πίσω μέρος της εικόνας είναι το στιγμιότυπο του χρήστη *gio.vlachakis*, και έχει μπλε σκίαση στα πεντάγραμμα 1,3 και 5 τα οποία ελέγχει. Αντίστοιχα ο δεύτερος χρήστης *istlabmusicnet* έχει τα αντίστοιχα πεντάγραμμα με πράσινη σκίαση.

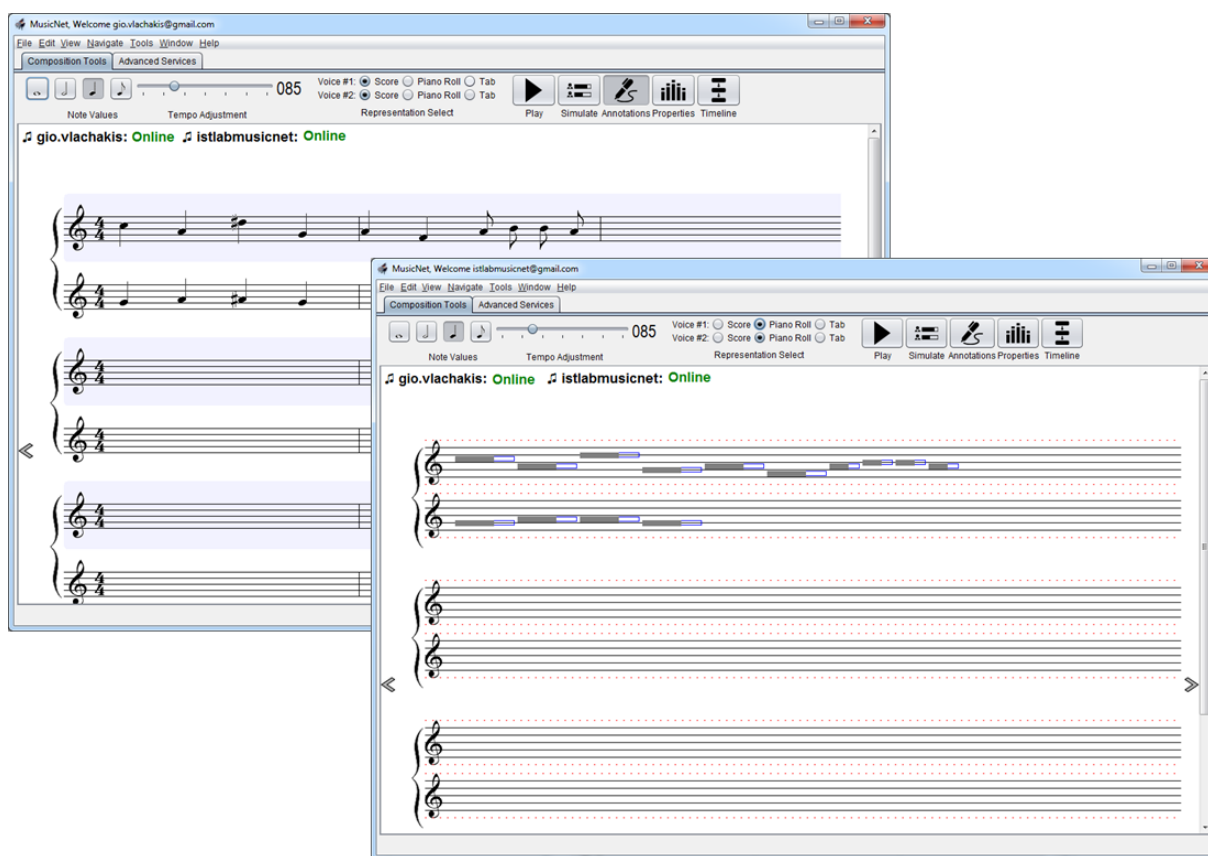
Οι χρήστες κατά τη διάρκεια της σύνθεσης μπορούν να συνεννοούνται για τις πράξεις τους είτε μέσω του μηχανισμού εισαγωγής σχολίων είτε χρησιμοποιώντας τα Google Hangouts μέσω της εργαλειοθήκης της εφαρμογής. Παράδειγμα βιντεοκλήσης μέσω Hangout παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5.6). Η βιντεοκλήση πραγματοποιείται μέσω μιας προσθήκης στον Chrome ενώ ταυτόχρονα προσφέρει και ένα μηχανισμό ανταλλαγής μηνυμάτων τα οποία όμως δεν είναι δυνατόν να καταγραφούν από την εφαρμογή λόγω της πολιτικής ασφαλείας που ακολουθεί η Google.



Εικόνα 5.6 Hangout μεταξύ των χρηστών

Αφού έχουν συνδεθεί και οι δυο χρήστες στην εφαρμογή, μπορούν πλέον να συνθέτουν παράλληλα ένα τραγούδι χρησιμοποιώντας τη μουσική αναπαράσταση την οποία επιθυμούν και έχοντας ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο για την εργασία του άλλου χρήστη. Με τον τρόπο αυτό οι χρήστες είναι σε θέση να δουλεύουν και να βλέπουν το έργο των άλλων χρησιμοποιώντας τη μουσική αναπαράσταση την οποία επιθυμούν ανεξάρτητα του τι

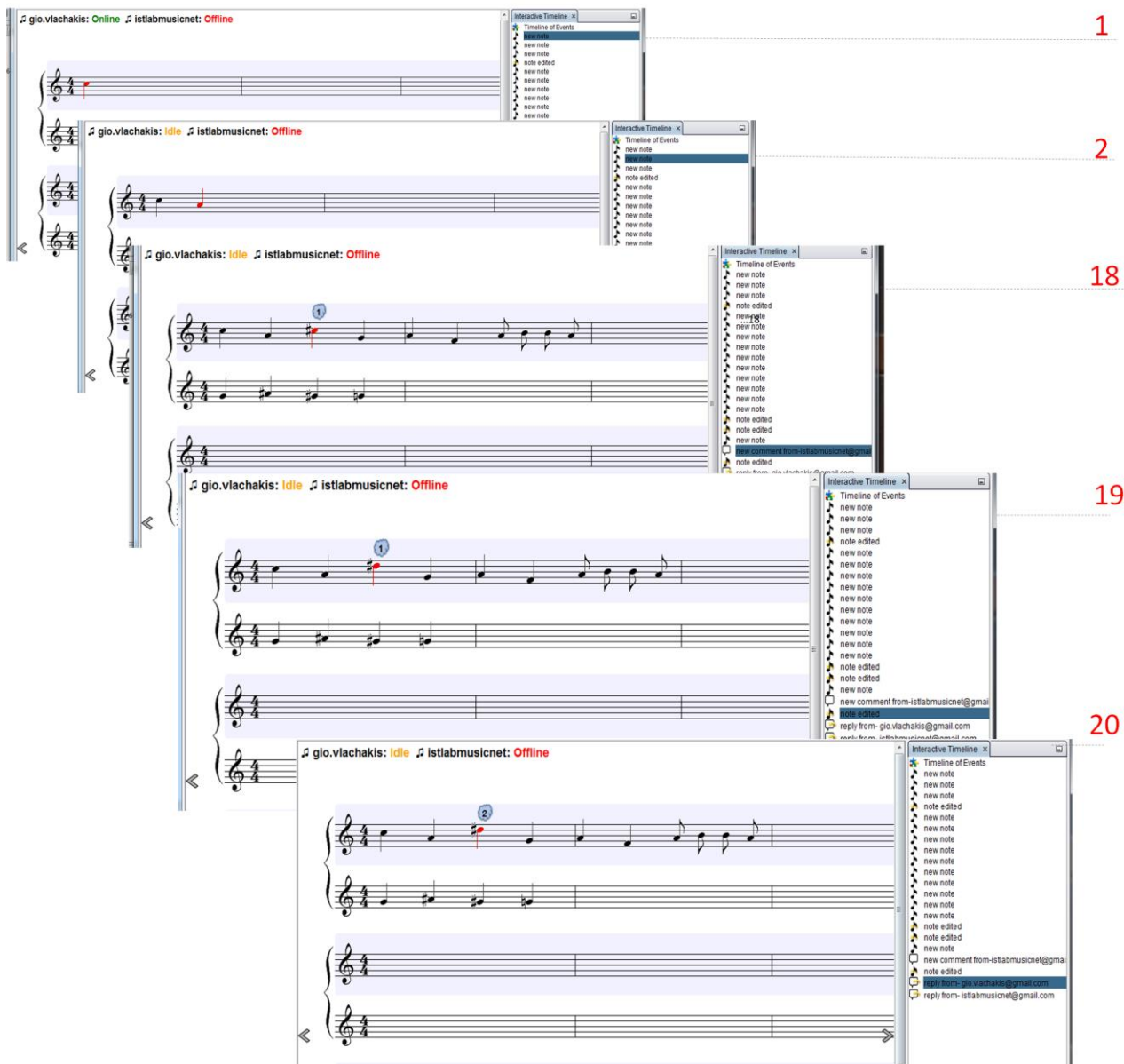
αναπαράσταση έχουν επιλέξει οι άλλοι χρήστες για να εργαστούν. Παράδειγμα τέτοιου τρόπου εργασίας παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5.7). Ομοίως με την Εικόνα 5.5 στον χρήστη *gio.vlachakis* ανήκει το στιγμιότυπο το οποίο βρίσκεται στο πίσω μέρος της εικόνας ενώ στον *istlabmusicnet* αυτό που βρίσκεται εμπρός. Ο πρώτος χρήστης έχει επιλέξει να εργάζεται χρησιμοποιώντας την κλασική μουσική αναπαράσταση (score) και να βλέπει τη δουλειά του άλλου επίσης χρησιμοποιώντας score. Από την άλλη πλευρά ο δεύτερος χρήστης έχει επιλέξει την score-roll αναπαράσταση. Ανεξάρτητα από την αναπαράσταση την οποία χρησιμοποιεί ο χρήστης η εφαρμογή συνεχίζει να καταγράφει τα γεγονότα τα οποία δημιουργούνται από τη δράση του χρήστη με το MusicSheet.



Εικόνα 5.7 Συνεργασία με τη χρήση διαφορετικών μουσικών αναπαραστάσεων

Τα γεγονότα αυτά αφού καταγραφούν είναι δυνατόν να παρουσιαστούν σε από την εφαρμογή υπό τη μορφή χρονοδιαγράμματος στα δεξιά του MusicSheet (Interactive Timeline). Οποιαδήποτε στιγμή θελήσουν οι χρήστες είναι σε θέση να ενεργοποιήσουν την «αναδρομική» αυτή αναπαράσταση της προόδου της μουσικής σύνθεσης για να δουν τις αλλαγές οι οποίες έχουν γίνει. Στην αναπαράσταση αυτή εμπεριέχονται τα γεγονότα α) εισαγωγής μιας νότας, β)

εισαγωγής ενός σχολίου γ) παραμετροποίησης μιας νότας και δ) απάντηση σε ένα σχόλιο. Ο χρήστης επιλέγοντας κάποιο γεγονός από τη λίστα είναι σε θέση να δει πληροφορίες για αυτό το γεγονός (όπως το πότε καταγράφηκε) ενώ παράλληλα το MusicSheet διακόπτει τη διαδικασία συγχρονισμού και παρουσιάζει την όψη την οποία είχε τη στιγμή εκείνη κατά την οποία καταγράφηκε το επιλεγμένο γεγονός. Με τον τρόπο αυτό η εφαρμογή είναι σε θέση να παρουσιάσει όλη τη διαδικασία της σύνθεσης από την αρχή ως το τέλος, προσομοιάζοντας τις ενέργειες τις οποίες έχουν κάνει οι χρήστες τις κατά το παρελθόν. Στην Εικόνα 5.8 παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας της χρόνο-διαγραμματικής αναπαράστασης.



Εικόνα 5.8 Χρόνο-διαγραμματική αναπαράσταση έργου

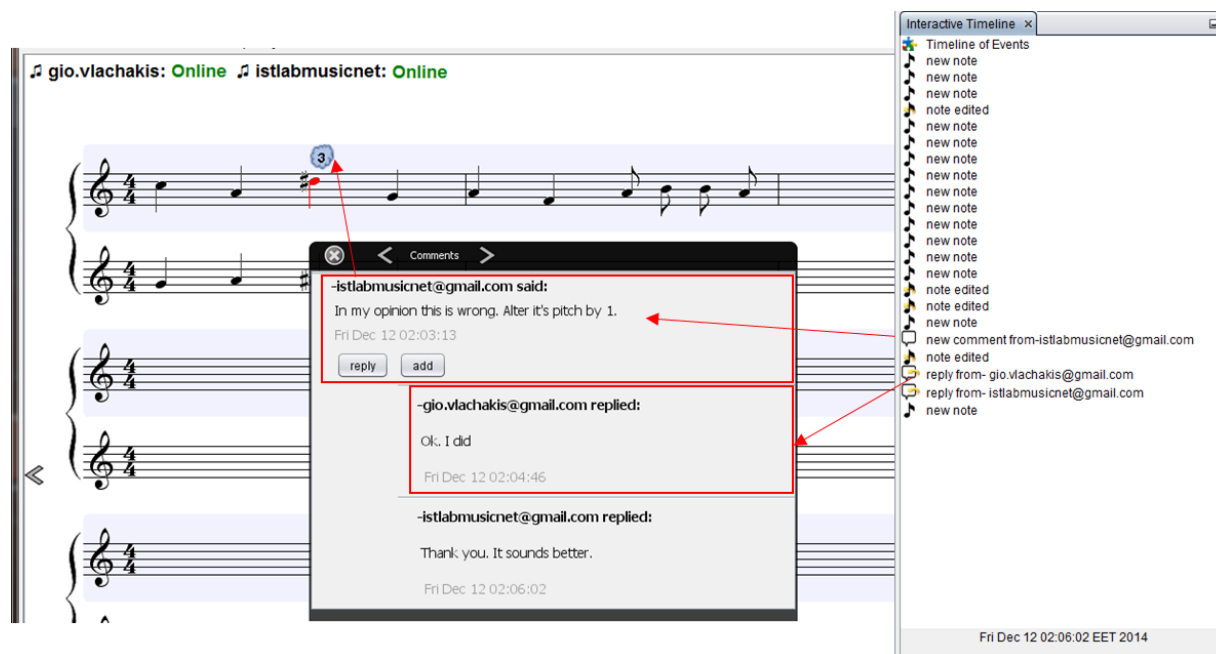
Το Timeline εμφανίζεται δεξιά από το MusicSheet προσφέροντας μια στοιβή η οποία περιέχει (σε χρονολογική σειρά) τα καταγεγραμμένα γεγονότα. Στην εικόνα περιέχονται πέντε στιγμιότυπα τα οποία παρουσιάζουν πέντε επιλογές γεγονότων από το χρήστη. Οι επιλογές αυτές περιέχουν το πρώτο, δεύτερο, δέκατο όγδοο, δέκατο ένατο και εικοστό γεγονός. Ο χρήστης είναι σε θέση να επιλέξει ένα γεγονός από την προσφερόμενη λίστα και έπειτα να κινηθεί σε επόμενο ή προηγούμενο χρησιμοποιώντας το πληκτρολόγιο του. Για τα περιεχόμενα της λίστας γεγονότων χρησιμοποιούνται διαφορετικά εικονίδια με σκοπό να υποδείξουν στο χρήστη το είδος του γεγονότος. Κάθε φορά που επιλέγεται ένα γεγονός του περιεχόμενου του MusicSheet μεταβάλλεται με τρόπο τέτοιο ώστε να γίνεται άμεσα αντιληπτό στο χρήστη η αλλαγή που επήλθε στο MusicSheet από το γεγονός το οποίο επέλεξε. Για το λόγο αυτό κάθε εισαγωγή ή αλλαγή μιας νότας χρωματίζεται με κόκκινο χρώμα για μερικά δευτερόλεπτα, ενώ για τα σχόλια και τις απαντήσεις χρησιμοποιείται ο μηχανισμός υπόδειξης σχολίων.

Τέλος είναι σημαντικό αν αναφερθεί ότι οι εναλλαγές οι οποίες γίνονται μέσω του Interactive Timeline δεν καταγράφονται ως γεγονότα από την εφαρμογή. Ο χρήστης μπορεί να προσπελάσει κάποια γεγονότα με σκοπό να φτάσει σε κάποια παλαιότερη κατάσταση της σύνθεσης. Από το σημείο αυτό είναι σε θέση να πειραματιστεί με το περιεχόμενο του MusicSheet, προσθέτοντάς ή αλλάζοντας τις νότες του, χωρίς να αλλοιώσει το τραγούδι, αφού όταν απενεργοποιήσει το Timeline η σύνθεση επανέρχεται στο στάδιο που ήταν αρχικά, το τελευταίο στάδιο της.

Ένα σημαντικό εύρημα το οποίο προκύπτει από τα παραπάνω εντοπίζεται μεταξύ των γεγονότων 18,19 και 20 και παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.9. Τα γεγονότα αυτά όπως καταγράφονται και παρουσιάζονται από την εφαρμογή είναι τα ακόλουθα: **α) γεγονός 18: Σχόλιο.** Ο χρήστης *istlabmusinet* ζητάει αλλαγή σε μια νότα η οποία βρίσκεται στα πεντάγραμμα τα οποία ελέγχει άλλος “*In my opinion this is wrong. Alter its pitch by 1*”. **β) γεγονός 19: Αλλαγή νότας.** Ο χρήστης ο οποίος ελέγχει το πεντάγραμμα (*gio.vlachakis*), αλλάζει την νότα. **γ) γεγονός 18: απάντηση σχολίου.** Αφού ο χρήστης πραγματοποίησε την αλλαγή απάντησε στο χρήστη ο οποίος τη ζήτησε λέγοντας του ότι συμφωνεί, και άλλαξε τη νότα “*Ok. I did*”.

Τέτοιες αλληλουχίες γεγονότων είναι ικανές να δείξουν επιπλέον πτυχές της συνεργασίας μεταξύ των χρηστών οι οποίες είναι δύσκολο, ή και αδύνατον να αναγνωριστούν. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα βλέπουμε ένα χρήστη να ζητάει από κάποιον άλλο να αλλάξει ένα

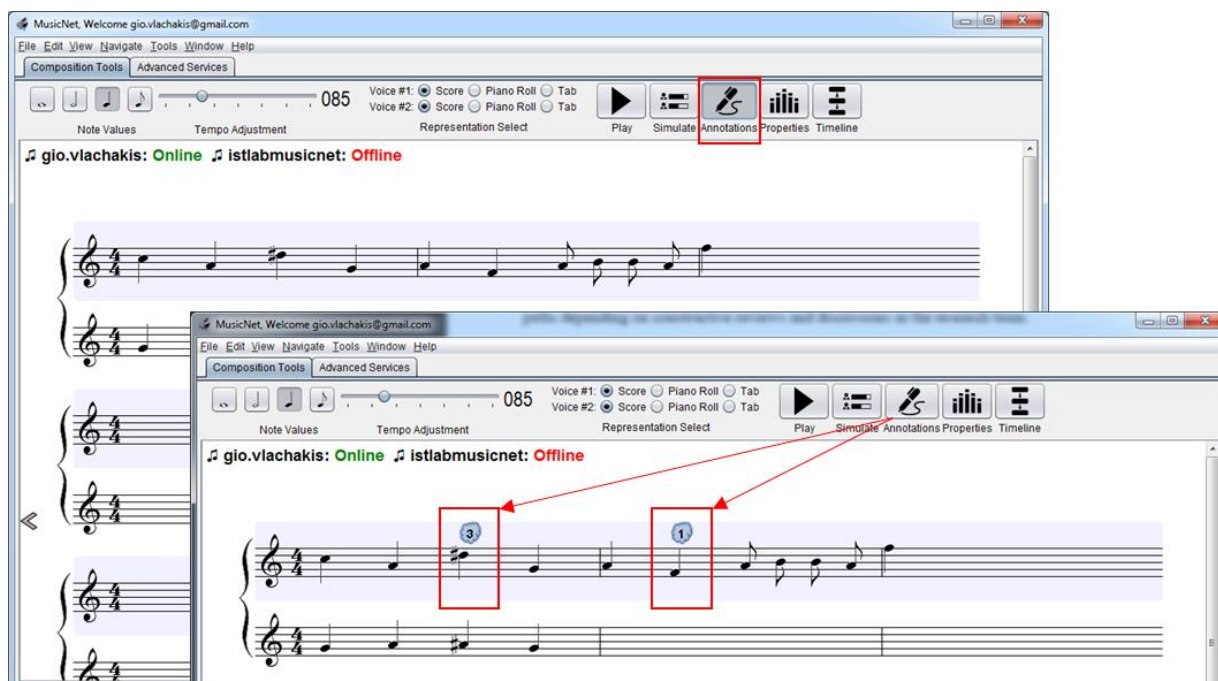
μέρος της εργασίας του, ισχυριζόμενος ότι αυτό το οποίο προτείνει είναι το σωστό. Αν σε μία σύνθεση είναι δυνατόν να εντοπιστεί ένας ικανός αριθμός τέτοιων αλληλουχιών τότε θα μπορούσαμε να απαντήσουμε ερωτήματα όπως: Ποιος ηγούνταν κατά τη διαδικασία της σύνθεσης; Υπήρχε κάποιος ο οποίος έκανε ή δέχονταν συνεχώς υποδείξεις από ή προς συνεργάτες του; Αν υπήρχε, τι είδους υποδείξεις ήταν αυτές;



Εικόνα 5.9 Αναπαράσταση και ερμηνεία γεγονότων

Η διαδικασία της μουσικής σύνθεσης χρησιμοποιώντας την παρούσα εφαρμογή είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί αρκετές φορές παράγοντας δεδομένα τα οποία ίσως είναι αρκετά για την απάντηση των παραπάνω ερωτήσεων. Καθώς εργάζονται οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν αν θέλουν να λαμβάνουν τα σχόλια (ή τις παρατηρήσεις) των υπολοίπων χρηστών επιλέγοντας την απενεργοποίηση των σχολίων (Εικόνα 5.10). Μέσω του κουμπιού “Annotations” ο χρήστης παύει να λαμβάνει ειδοποίηση για τα σχόλια που περιέχονται σε κάθε νότα. Τόσο η πρόσθεση όσο και η ανάγνωση των σχολίων είναι δυνατή ακόμα και όταν ο μηχανισμός ειδοποιήσεων είναι απενεργοποιημένος, όμως ο χρήστης δεν λαμβάνει ειδοποίηση κάθε φορά που εντοπίζεται κάποιο σχόλιο. Η εισαγωγή και η ανάγνωση σχολίων γίνεται μέσω της όψης “Comments” του αντικειμένου ADialog, το οποίο ενεργοποιείται είτε κάνοντας δεξί κλικ πάνω σε μια νότα είναι μέσω του πληκτρολογίου του υπολογιστή σχηματίζοντας την αντίστοιχη συντόμευση που έχει δημιουργηθεί. (Ctrl+ C comments, Ctrl + D editor, Ctrl+ L

lyrics). Τα σχόλια τοποθετούνται σε χρονολογική σειρά το ένα κάτω από το άλλο, ενώ οι απαντήσεις σε σχόλια φωλιάζουν αμέσως κάτω από αυτά, μετατοπισμένες λίγο προς τα δεξιά ανεξάρτητα από το αν έχει προηγηθεί κάποιο άλλο σχόλιο πριν από την απάντηση. Για κάθε σχόλιο και απάντηση στο ADialog παρουσιάζεται η πληροφορία για το ποιος έκανε το σχόλιο, πότε το έκανε καθώς και το τι έγραψε. Η πληροφορία για το αν το σχόλιο είναι απάντηση σε κάποιο παλαιότερο εξάγεται από την τοποθέτηση του σχολίου στο ADialog.

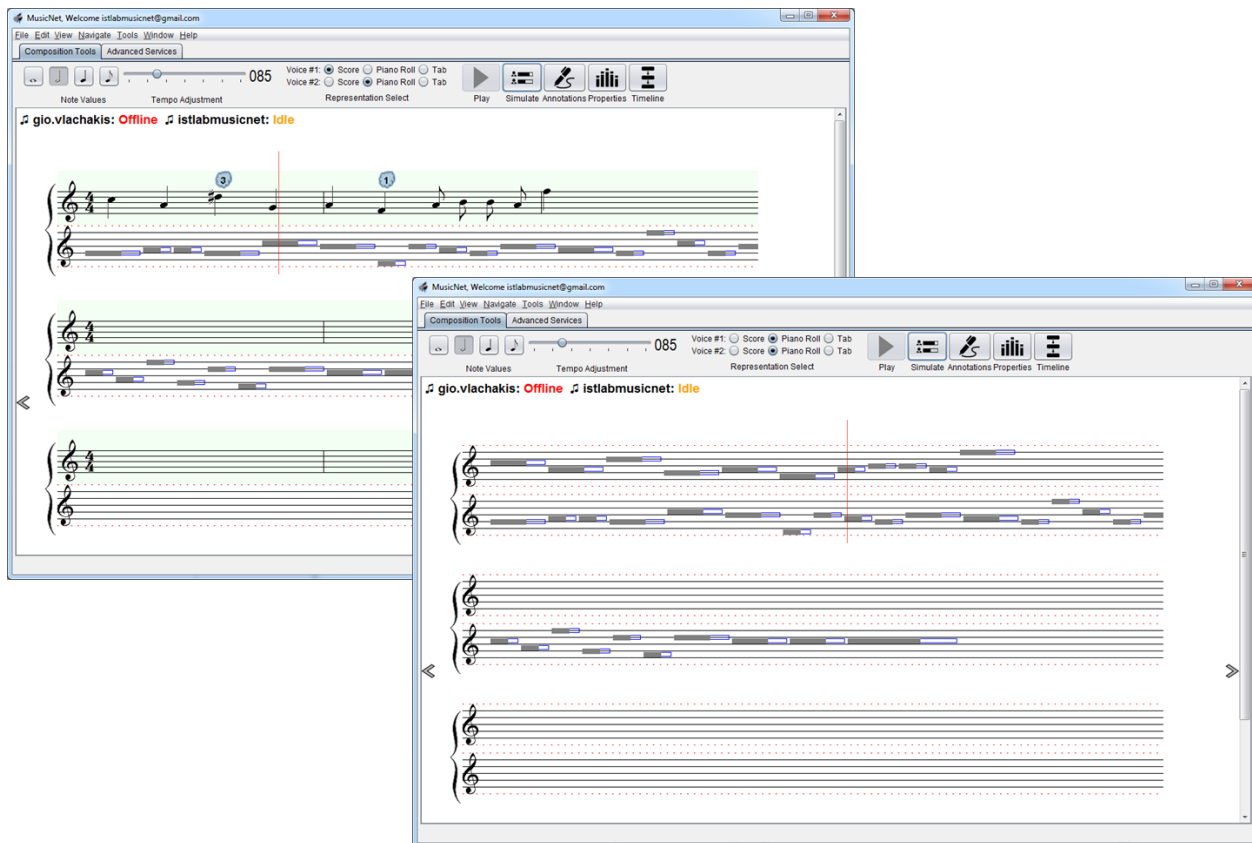


Εικόνα 5.10 Ενεργοποίηση-Απενεργοποίηση σχολίων

Για τη σύνθεση ενός κομματιού δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται και οι δυο συνθέτες ταυτόχρονα συνδεδεμένοι στο διασυννοριακό αντικείμενο. Όταν κάποιος χρήστης δεν είναι συνδεδεμένος δεν υπάρχει πρόοδος στα πεντάγραμμα των οποίων τον έλεγχο κατέχει όμως αυτό δε σημαίνει ότι δε θα λάβει τις αλλαγές που κάνουν οι άλλοι όσο αυτός απουσιάζει. Καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας ενός χρήστη, στην εφαρμογή μπορεί να «προσομοιάσει» κάποιον άλλο χρήστη ο οποίος ενδεχομένως δεν είναι συνδεδεμένος την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η προσομοίωση των χρηστών γίνεται μέσω του μηχανισμού του κέρσορα επισήμανσης προόδου. Επιπλέον η λειτουργία του κέρσορα επισκόπησης μένει ανεπηρέαστη από την επιλογή της μουσικής αναπαράστασης που έχει κάνει ο χρήστης καθώς μπορεί να τρέξει σε οποιοδήποτε από τους παρακάτω συνδυασμούς μουσικών αναπαραστάσεων (score - score, score - score-roll, score-roll - score και score-roll - score-roll). Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5.11)

παρουσιάζεται ο κέρσορας επισκόπησης σε δυο διαφορετικούς συνδυασμούς μουσικών αναπαραστάσεων (Score - score-roll και score-roll - score-roll).

Τέλος όταν οι χρήστες αποφασίσουν ότι έχει ολοκληρωθεί η σύνθεση τους, και αφού την ελέγξουν μέσω των μηχανισμών που προσφέρει η εφαρμογή (κινητοί κέρσορες) μπορούν να την εξάγουν τοπικά σε MIDI ή Audio μορφή. Η σύνθεση θα συνεχίσει να υπάρχει στον αποθηκευτικό τους χώρο στο νέφος για μελλοντική επεξεργασία μέχρι να αποφασίσουν να το διαγράψουν από εκεί.



Εικόνα 5.11 Επισκόπηση εργασίας με τη χρήση διαφορετικών μουσικών αναπαραστάσεων.

Σύνοψη

Το κεφάλαιο αποτελεί μια εικονογραφημένη παρουσίαση της εφαρμογής η οποία υλοποιήθηκε για την υποστήριξη της συνεργατικής σύνθεσης. Αρχικά παρουσίασε τη διεπαφή της εφαρμογής εξηγώντας τα επιμέρους στοιχεία της καθώς και τις λειτουργίες τις οποίες προσφέρουν, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζει ένα ενδεικτικό σενάριο χρήσης αυτής, με σκοπό να καταστήσει κατανοητό τον τρόπο με τον οποίο δυο απομακρυσμένοι χρήστες μπορούν να συνθέσουν μουσική.

Κεφάλαιο 6 - Επίλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώθηκε στη μελέτη εικονικών συνεργατικών ομάδων οι οποίες δρουν σε ένα μουσικό πλαίσιο. Αρχικά μελέτησε τη δικτυακή μουσική εκτέλεση παρουσιάζοντας κύριες εργασίες του παρελθόντος ενώ παράλληλα κατέγραψε τα κριτήρια τα οποία έχουν τεθεί από την επιστημονική κοινότητα, και τα οποία σκιαγραφούν τον τύπο μιας εφαρμογής δικτυακής μουσικής εκτέλεσης. Στη συνέχεια παρουσίασε τις κύριες μουσικές αναπαραστάσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται τόσο από συστήματα μουσικής σύνθεσης αλλά και από συστήματα αναπαραγωγής μουσικής παρουσιάζοντάς τες ως προς τα affordances τα οποία προσφέρουν. Αποτέλεσμα της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η δημιουργία ενός εργαλείου κατάλληλο να υποστηρίξει τη συνεργατική μουσική σύνθεση τόσο σύγχρονα όσο και ασύγχρονα. Η υλοποίηση του βασίστηκε εξολοκλήρου σε βιβλιοθήκες ανοικτού κώδικα, χρησιμοποιώντας βασικά διαδραστικά αντικείμενα για μουσική σημειογραφία και υπηρεσίες διαμοιρασμού και συγχρονισμού αρχείων. Επιπλέον έγιναν αρκετές παραμετροποιήσεις και προσθήκες για την υποστήριξη συγκεκριμένων σεναρίων χρήσης.

Απαντώντας τα ερευνητικά ερωτήματα

Επιχειρώντας να αξιολογήσουμε τη συνεισφορά της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, θα αναφερθούμε κατ' αρχήν στα βασικά ερευνητικά ερωτήματα τα οποία τέθηκαν και στη συνέχεια θα κωδικοποιήσουμε ενδεικτικές λύσεις οι οποίες υλοποιήθηκαν κατά τη σχεδίαση της παρούσας εφαρμογής.

Ερώτημα Α) Ποια τεχνουργήματα και με ποιο τρόπο αποτυπώνουν το προς εκτέλεση έργο έτσι ώστε να αναδεικνύονται τα ατομικά και συλλογικά χαρακτηριστικά ενός μουσικού έργου;

Ένα κομμάτι μουσικής το οποίο είναι αποτέλεσμα συνεργασίας δύο ή περισσότερων ανθρώπων αποτυπώνει τη συλλογική εργασία των ατόμων αυτών. Επιπλέον όμως αναπόφευκτα εμπεριέχει προσωπικά στοιχεία του κάθε συμβαλλόμενου τα οποία είναι σημαντικό να μπορούν να αποτυπωθούν. Για την αποτύπωση τέτοιων στοιχείων είναι απαραίτητη η καταγραφή των ιχνών τα οποία δημιουργούνται από τους χρήστες, καθώς αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή. Αφού διασφαλιστεί η καταγραφή των γεγονότων αυτών ο τρόπος ανάδειξης τους διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του γεγονότος το οποίο έχει καταγραφεί και τον τρόπο με τον οποίο

ερμηνεύεται κατά τη σχεδίαση της εφαρμογής. Η διαδικασία σχεδιασμού της εφαρμογής που παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία έλαβε υπόψη την ανάγκη καταγραφής δεδομένων υλοποιώντας ένα μηχανισμό καταγραφής συγκεκριμένων γεγονότων από την αλληλεπίδραση χρήστη-εφαρμογής.

Σε δεύτερο χρόνο τα γεγονότα αυτά χρησιμοποιούνται για να αναδείξουν τόσο το συλλογικό αποτέλεσμα, όσο και τη συμβολή του εκάστοτε χρήστη της εφαρμογής. Τρία από τα διαφορετικά τεχνουργήματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από την παρούσα εργασία για την ανάδειξη τέτοιων χαρακτηριστικών είναι: α) οι κέρσορες επισκόπησης και επισήμανσης έργου, β) η προσαρμογή του MusicSheet στον εκάστοτε χρήστη, γ) η δυνατότητα συζήτησης για τη λήψη κοινών αποφάσεων μέσω του μηχανισμού σχολίων. Οι κινούμενοι κέρσορες σχεδιάστηκαν με τρόπο τέτοιο ώστε να αναπαράγουν το τραγούδι το οποίο συντίθεται είτε συντονίζοντας τις επιμέρους εργασίες των χρηστών (κέρσορας επισκόπησης) είτε οπτικοποιώντας την εργασία του κάθε επιμέρους χρήστη (κέρσορας επισήμανσης προόδου). Η προσαρμογή του MusicSheet χρήστη της εφαρμογής, μέσω του ρόλου που ανατίθενται, επιτρέπει την ύπαρξη των ατομικών χαρακτηριστικών σε ένα μουσικό έργο, αφού δεν επιτρέπεται απευθείας τροποποίηση του έργου ενός χρήστη. Τέλος λόγω της προαναφερόμενης (εσκεμμένης) απαγόρευσης, οι χρήστες καλούνται να διαπραγματευτούν πιθανές αλλαγές στην εργασία των άλλων, διαπραγματεύσεις οι οποίες είναι επίσης ανιχνεύσιμες και συμβάλουν στον καθορισμό του τελικού μουσικού έργου.

Ερώτημα Β) Τι είδους ψηφιακές δομές και αναπαραστάσεις κρίνονται κατάλληλες για να αποτυπώσουν τη συνεργασία μεταξύ μουσικών με διαφορετικό μουσικό υπόβαθρο;

Η χρήση μιας εφαρμογής μουσικής σύνθεσης, από χρήστες οι οποίοι δεν έχουν το ίδιο μουσικό υπόβαθρο είναι αρκετά συνηθισμένη. Ένα από τα βασικά στοιχεία μιας εφαρμογής μουσικής σύνθεσης πρέπει να είναι η “σχετική” καταλληλότητα της τόσο για χρήστες οι οποίοι είναι γνώστες της μουσικής θεωρίας όσο και για χρήστες οι οποίοι ασχολούνται με τη μουσική αμιγώς ως χόμπι, μη διαθέτοντας τις απαραίτητες γνώσεις για την αποτύπωση μουσικής με το “συμβατικό” τρόπο σε ένα πεντάγραμμο. Για την υποστήριξη χρηστών μεταξύ των οποίων υπάρχει σημαντική διαφορά στο επίπεδο γνώσεων ή εμπειρίας είναι απαραίτητη η χρήση πολλαπλών μουσικών παραστάσεων. Στην παρούσα εργασία η υποστήριξη διαφορετικών μουσικών αναπαραστάσεων επιτεύχθηκε δημιουργώντας ένα διαδραστικό αντικείμενο (MusicSheet) το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών. Για την ικανοποίηση των αναγκών διαφορετικών χρηστών προσφέρεται η δυνατότητα εναλλακτικής αναπαράστασης

της μουσικής με εναλλακτικούς τρόπους αλληλεπίδρασης κάθε φορά. Έμπειροι χρήστες μπορούν να συνθέσουν μουσική απευθείας στο ψηφιακό πεντάγραμμο ενεργώντας με μια συσκευή κατάδειξης, ενώ λιγότερο έμπειροι μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη score-roll αναπαράσταση, στην οποία η διάρκεια της νότας είναι ευκολότερα αντιληπτή σέ έναν αρχάριο. Επιπλέον χρήστες με ελάχιστη εμπειρία στη μουσική θεωρία μπορούν να χρησιμοποιήσουν είτε εικονικό πιάνο το οποίο προσφέρεται από την εφαρμογή είτε να συνδέσουν ένα midi όργανο και να βλέπουν το MusicSheet να συμπληρώνεται κατά τη διάρκεια που παίζουν.

Ερώτημα Γ) Ποιες είναι οι απαιτήσεις ενός σύγχρονου διαδραστικού συστήματος που υποστηρίζει επιλεγμένα συνεργατικά καθήκοντα μεταξύ εταίρων που συμπράττουν είτε ασύγχρονα είτε σύγχρονα;

Οι απαιτήσεις ενός διαδραστικού συστήματος υποστήριξης σύγχρονων ή ασύγχρονων συνεργατικών καθηκόντων στη μουσική αφορούν: α) την ψηφιακή αναπαράσταση των χρηστών που συμμετέχουν, β) τις ψηφιακές αναπαραστάσεις του αντικειμένου της σύμπραξης (δηλ. της μουσικής) και των καταστάσεων που το χαρακτηρίζουν κατά τη διάρκεια συνεργατικών καθηκόντων και γ) τεχνουργήματα συντονισμού που αφορούν την επιθεώρηση της τρέχουσας κατάστασης σε μια συνεδρία, την επισκόπηση πεπραγμένων και την προσομοίωση απομακρυσμένων χρηστών απεικόνιση. Για την ψηφιακή αναπαράσταση χρηστών αξιοποιείται η έννοια του προφίλ κατά κύριο λόγο ενώ σε προδιαγεγραμμένα σενάρια ή καθήκοντα οι χρήστες μπορεί να αντιπροσωπεύονται εμμέσως με προσαρμοσμένες ετικέτες (π.χ. ένδειξη του username) ή/και αφηρημένες δομές (π.χ. μπάρα ελέγχου προόδου εκτέλεσης ενός αποσπάσματος μουσικής). Με τη δημιουργία προφίλ αφενός ο χρήστης δηλώνει την ταυτότητα του, την ταυτότητα με την οποία είναι γνωστός στο διαδίκτυο και αφετέρου το σύστημα είναι σε θέση να διαχωρίσει την πηγή μιας ενέργειας συσχετίζοντας την με τον χρήστη που την επιτελεί. Στην παρούσα εργασία οι χρήστες χρησιμοποιούν τους Google λογαριασμούς τους οποίους διαθέτουν. Με τη χρήση των λογαριασμών αυτών παρέχεται από την εφαρμογή μια στοιχειώδης μορφή επίγνωσης εταίρων κατά τη διάρκεια της σύνθεσης έτσι ώστε κάθε χρήστης να είναι σε θέση να γνωρίζει με ποιόν συνεργάζεται ενώ επιπλέον είναι σε θέση να γνωρίζει τις ενέργειες του. Σε περιπτώσεις όπου το καθήκον απαιτεί την προσομοίωση του έργου δύο απομακρυσμένων συνεργατών τότε η αναπαράσταση των εμπλεκόμενων απαιτεί την απόδοση της σχετικής τους θέσης ως προς το υπό επιτέλεση έργο. Για το σκοπό αυτό είναι δυνατό να αξιοποιηθούν

περισσότερο παραστατικά εργαλεία όπως οι εικονικές ενδείξεις που αποτυπώνουν την πρόοδο καθενός σε σχέση με τον άλλο.

Όσο αφορά τις αναπαραστάσεις του αντικειμένου της σύμπραξης δηλ. το μουσικό κομμάτι το οποίο συντίθεται, η επιλογή των ψηφιακών αναπαραστάσεων καθορίζεται από καθιερωμένες πρακτικές στον κλάδο της μουσικής σύνθεσης. Ωστόσο, οι αναπαραστάσεις που δεσπόζουν διαφέρουν ως προς τις απαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες του χρήστη. Ειδικότερα, οι αναπαραστάσεις μπορεί να διαφέρουν ως προς α) το θεωρητικό υπόβαθρο του χρήστη, β) το μουσικό όργανο με το οποίο είναι εξοικειωμένος και γ) το σκοπό που επιδιώκεται από ένα χρήστη. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό ένα τέτοιο σύστημα να είναι σε θέση να υποστηρίξει εναλλακτικές μουσικές αναπαραστάσεις, κάθε μια από τις οποίες εισάγει νέα “affordances” επιτρέποντας στο χρήστη να επωφεληθεί από τις αυξανόμενες επιλογές οι οποίες του προσφέρονται. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας υποστηρίχθηκαν δύο εναλλακτικές αναπαραστάσεις μουσικής οι οποίες μπορεί να επιλέγονται ελεύθερα από τους χρήστες και έτσι να τους επιτρέπεται η συνεργασία ανεξαρτήτως της αναπαράστασης που έχει καθένας τους επιλέξει σε ένα συγκεκριμένο καθήκον ή σενάριο ή τον τρόπο που επιλέγουν άλλοι χρήστες να βλέπουν την δουλειά τους.

Περιορισμοί, Επεκτάσεις και Μελλοντική εργασία

Κατά τη σχεδίαση την εφαρμογής η οποία παρουσιάστηκε παραπάνω υπήρξαν αρκετοί περιορισμοί, οι οποίοι αφορούσαν τα δημόσια APIs τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. Οι περιορισμοί αυτοί σχετίζονταν με τις δυνατότητες τις οποίες προσφέρουν τα ήδη υπάρχοντα APIs και βιβλιοθήκες ως προς α) την πολιτική χρήσης που εισάγουν, β) τα διαδραστικά αντικείμενα τα οποία προσφέρουν και γ) την επεκτασιμότητα την οποία επιδέχονται. Η πολιτική χρήσης των Google APIs είναι ιδιαίτερα “αυστηρή” εστιάζοντας στην ασφάλεια των δεδομένων. Ένα εμπόδιο το οποίο κληθήκαμε να υπερβούμε κατά την υλοποίηση της παρούσας εργασίας ήταν η επικοινωνία της εφαρμογής με το διασυννοριακό αντικείμενο. Αν και η Google επιτρέπει τον εμπλουτισμό των ψηφιακών εγγράφων της με τη χρήση Google script, περιορίζει τη λειτουργία των επαυξημένων λειτουργιών αποκλειστικά μέσα στα όρια του ψηφιακού εγγράφου. Για παράδειγμα είναι δυνατόν μια υπηρεσία να αποστείλει και να ανακτήσει δεδομένα από ένα ψηφιακό έγγραφο. Αντίθετα δεν υποστηρίζεται κανενός είδους επαύξηση στο ψηφιακό έγγραφο η οποία να είναι σε θέση, να αποστείλει δεδομένα του εγγράφου προς μια υπηρεσία. Αυτό έχει

ως αποτέλεσμα για το συγχρονισμό των δεδομένων των χρηστών η εφαρμογή να αποστέλλει συνεχώς ερωτήματα και να λαμβάνει τα δεδομένα από το ψηφιακό έγγραφο.

Τα διαδραστικά αντικείμενα τα οποία προσφέρονται από τις δωρεάν βιβλιοθήκες μουσικής σημειογραφίας (JMusic, JFugue, κ.α.) καλύπτουν πολύ συγκεκριμένες ανάγκες, ενώ παράλληλα δεν αξιοποιούν όλες τις δυνατότητες της αναπαράστασης του πενταγράμμου. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι οι επεκτάσεις οι οποίες χρειάστηκε να γίνουν σε βασικά αντικείμενα όπως α) εισαγωγή σχολίων στο πεντάγραμμο, εισαγωγή στίχων, επεξεργασία δυναμικής μιας νότας, οπτική αναπαράσταση συγχορδιών κ.α.. Ο λόγος για τον οποίο εμφανίζονται οι ελλείψεις αυτές έχει να κάνει κυρίως με το σχεδιασμό των βιβλιοθηκών αυτών, οι οποίες βασίζονται στη δημιουργία πενταγράμμων ζωγραφίζοντας τις νότες πάνω σε αυτό. Τα βασικά αντικείμενα τα οποία προσφέρει το JMusic βασίζονται στην Java AWT (Abstract Window Toolkit) γεγονός το οποίο περιορίζει τις επεκτάσεις τις οποίες είναι σε θέση να σχεδιάσει κάποιος πάνω σε αυτά.

Πέρα από τους περιορισμούς οι οποίοι υπάρχουν στην υλοποίηση είναι δυνατόν να υποστηριχθούν κάποιες επιπλέον λειτουργίες οι οποίες θα προσφέρουν επιπρόσθετη αξία στη διαδικασία της μουσικής σύνθεσης. Ένα είδος επιπρόσθετης πληροφορίας η οποία θα μπορούσε να εξαχθεί από ένα τέτοιο σύστημα είναι μια μουσικολογική ανάλυση του έργου το οποίο συντίθεται. Τον τελευταίο καιρό έχουν κάνει την εμφάνιση τους αρκετές εφαρμογές μουσικής ανάλυσης και διαμοιρασμού μουσικών λιστών αναπαραγωγής η οποίες χρησιμοποιούνται καθημερινά από εκατομμύρια χρήστες. Εφαρμογές όπως το Shazam και το Spotify και είναι ευρέως διαδεδομένες και δημοφιλείς ενώ ταυτόχρονα είναι διαθέσιμες σε όλες τις πλατφόρμες (υπολογιστή, κινητές συσκευές).

Μια υπηρεσία μουσικολογικής ανάλυσης σε μια εφαρμογή μουσικής σύνθεσης θα μπορούσε σχετικά εύκολα να υποστηριχθεί από το EchoNest API. Το EchoNest (πρόσφατα αγοράστηκε από την (το) Spotify) προσφέρει στους χρήστες του υπηρεσίες μουσικολογικής ανάλυσης. Οι χρήστες μπορούν να ηχογραφήσουν ένα ηχητικό και να το αποστείλουν στην υπηρεσία του EchoNest. Ως απάντηση θα λάβουν μια ανάλυση του ηχογραφημένου που έστειλαν η οποία περιέχει πληροφορίες όπως ποιο είναι το τραγούδι που ηχογραφήθηκε, ποιος το τραγουδάει κ.α. Επιπλέον η ανάλυση περιέχει και μουσικολογικά δεδομένα όπως το τέμπο του τραγουδιού, τα μέτρα, καθώς και συμπερασματικά δεδομένα τα οποία αφορούν το ύψος του, την καταλληλότητα του για χορό, την ενέργεια του κ.α. Ένα τέτοιο εργαλείο θα μπορούσε να

είναι εξαιρετικά χρήσιμο εάν χρησιμοποιηθεί παράλληλα με τη χρονοδιαγραμματική απεικόνιση των γεγονότων. Στην γεγονότων παρουσιάστηκε η δισδιάστατη οπτικοποίηση των ενεργειών των χρηστών. Με αυτή την οπτικοποίηση μπορούμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα για την εργασία των χρηστών. Τον αντίκτυπο όμως των γεγονότων αυτών στο τραγούδι που συντίθεται δεν μπορούμε να το κατανοήσουμε αν δεν το αναπαράγουμε. Για το λόγο αυτό υπηρεσίες μουσικής ανάλυσης θα μπορούσαν να αποδειχτούν ήταν ιδιαίτερα χρήσιμες για την ερμηνεία των πράξεων των χρηστών.

Βιβλιογραφία

- [1] Á. Barbosa and M. Kaltenbrunner, “Public sound objects: A shared musical space on the web,” in *Web Delivering of Music*, 2002. WEDELMUSIC 2002. Proceedings. Second International Conference on, 2002, pp. 9–16.
- [2] Á. Barbosa, “Displaced soundscapes: A survey of network systems for music and sonic art creation,” *Leonardo Music Journal*, vol. 13, pp. 53–59, 2003.
- [3] A. Brown and A. Sorensen. Introducing jMusic. In *Proceedings Australasian computer music conference* (pp. 68–76) 2000.
- [4] A. Carôt and C. Werner, “Distributed network music workshop with soundjack,” *Proceedings of the 25th Tonmeistertagung, Leipzig, Germany*, 2008.
- [5] A. Tanaka, “Mobile music making,” in *Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical expression*, 2004, pp. 154–156.
- [6] B. T Ograph and Y. R. Morgens, “Cloud computing,” *Communications of the ACM*, vol. 51, no. 7, 2008.
- [7] B. Kirkman, B. Rosen, C. B. Gibson, P.E. Tesluk and S.O McPherson “Five challenges to virtual team success: lessons from Sabre, Inc.” *The Academy of Management Executive*, 16(3), 67-79, 2002.
- [8] C. Alexandraki and D. Akoumianakis, “Exploring new perspectives in network music performance: The diamouses framework,” *Computer Music Journal*, vol. 34, no. 2, pp. 66–83, 2010.
- [9] C. Chafe, M. Gurevich, G. Leslie, and S. Tyan, “Effect of time delay on ensemble accuracy,” in *Proceedings of the International Symposium on Musical Acoustics*, 2004, vol. 31.
- [10] C. Chafe, S. Wilson, R. Leistikow, D. Chisholm, and G. Scavone, “A simplified approach to high quality music and sound over IP,” in *COST-G6 Conference on Digital Audio Effects*, 2000, p p. 159–164.
- [11] D. A. Norman, “Affordance, conventions, and design,” *interactions*, vol. 6, no. 3, pp. 38–43, 1999.
- [12] D. A. Norman, *The Psychology of Everyday Things*. New York: Basic Books, 1988.

- [13] D. Akoumianakis, "Socio-materiality of online music ensembles: An analysis based on cultural artifacts & affordances", Science and Information Conference (SAI), IEEE Computer Society, 2013.
- [14] D. Akoumianakis, G. Ktistakis, G. Vlachakis, P. Zervas, and C. Alexandraki, "Collaborative music making as 'remediated' practice," in Digital Signal Processing (DSP), 2013 18th International Conference on, 2013, pp. 1–8.
- [15] D. E. Bailey, P. M. Leonardi, and S. R. Barley, "The lure of the virtual," *Organization Science*, vol. 23, no. 5, pp. 1485–1504, 2012
- [16] D. Slovák and P. Látal, "Main functional parts of Multilevel supporting system for special forms of learning and their usage."
- [17] E. Chew, A. A. Sawchuk, R. Zimmerman, V. Stoyanova, I. Tosheff, C. Kyriakakis, C. Papadopoulos, A. R. J. François, and A. Volk, "Distributed immersive performance," *Proceedings of the Annual National Association of the Schools of Music (NASM)*, San Diego, CA, 2004.
- [18] G. F. Lanzara, "Remediation of practices: How new media change the ways we see and do things in practical domains," *First Monday*, 15 (6 – 7), 2010.
- [19] G. Föllmer, "Electronic, aesthetic and social factors in Net music," *Organised Sound*, vol. 10, no. 03, pp. 185–192, Dec. 2005
- [20] G. Hajdu, "Quintet.net: An environment for composing and performing music on the Internet," *Leonardo*, vol. 38, no. 1, pp. 23–30, 2005.
- [21] I. Gatwick, and M. Wanderley, "A Dimension Space for Evaluating Collaborative Musical Performance Systems," *NIME'12*, May 21 – 23, 2012, University of Michigan, Ann Arbor.
- [22] J. Freeman and A. Van Troyer, "Collaborative textual improvisation in a laptop ensemble," *Computer Music Journal*, vol. 35, no. 2, pp. 8–21, 2011.
- [23] J. J. Gibson, *The ecological approach to visual perception*. Psychology Press, 2013.
- [24] J. J. Gibson, "The theory of affordances," Hilldale, USA, 1977.
- [25] J. Lazzaro and J. Wawrzynek, "A Case for Network Musical Performance," in *Proceedings of the 11th International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video*, New York, NY, USA, 2001, pp. 157–166.

- [26] J. M. Carroll, D. C. Neale, P. L. Isenhour, M. B. Rosson, and D. S. McCrickard, "Notification and awareness: Synchronizing task-oriented collaborative activity," *INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN-COMPUTER STUDIES*, vol. 58, pp. 605–632, 2003.
- [27] J. P. Cáceres and C. Chafe, "Jacktrip: Under the hood of an engine for network audio," *Journal of New Music Research*, vol. 39, no. 3, pp. 183–187, 2010.
- [28] L. Costalonga, E. Miletto, L. Flores and R.M. Vicari, "Bibliotecas Java Aplicadas a Computação Musical". Instituto de Informática–UFRGS. SBCM, 2005.
- [29] M. Good, "MusicXML for notation and analysis," *The virtual score: representation, retrieval, restoration*, vol. 12, pp. 113–124, 2001.
- [30] M. Good and others, "MusicXML: An internet-friendly format for sheet music," in *XML Conference and Expo*, 2001, pp. 3–4.
- [31] N. Bryan-Kinns and F. Hamilton, "Identifying mutual engagement," *Behaviour & Information Technology*, vol. 31, no. 2, pp. 101–125, 2012.
- [32] N. Bryan-Kinns and P. G. Healey, "Daisyphone: support for remote music collaboration," in *Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical expression*, 2004, pp. 27–30.
- [33] R. Bodle, "Regimes of sharing: Open APIs, interoperability, and Facebook," *Information, Communication & Society*, vol. 14, no. 3, pp. 320–337, 2011
- [34] R. M. Keller and D. R. Morrison, "A grammatical approach to automatic improvisation," in *Proceedings, Fourth Sound and Music Conference, Lefkada, Greece, July*. "Most of the soloists at Birdland had to wait for Parker's next record in order to find out what to play next. What will they do now, 2007.
- [35] S. Dekeyser and R. Watson, "Extending google docs to collaborate on research papers," *Toowoomba, Queensland, AU: The University of Southern Queensland, Australia*, vol. 23, p. 2008, 2006.
- [36] S. G. Cohen and D. E. Bailey, "What Makes Teams Work: Group Effectiveness Research from the Shop Floor to the Executive Suite," *Journal of Management*, vol. 23, no. 3, pp. 239–290, 1997
- [37] S. Jarvenpaa and D. Leidner "Communication and Trust in Global Virtual Teams", *Organization Science* 10(6), 791- 815, 1999.

- [38] S. Jordà, “FMOL: Toward user-friendly, sophisticated new musical instruments,” *Computer Music Journal*, vol. 26, no. 3, pp. 23–39, 2002.
- [39] S. Jorda, M. Kaltenbrunner, G. Geiger, and R. Bencina, “The reactable*,” in *Proceedings of the international computer music conference (ICMC 2005)*, Barcelona, Spain, 2005, pp. 579–582.
- [40] T. Blaine and T. Perkis, “The Jam-O-Drum interactive music system: a study in interaction design,” in *Proceedings of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, 2000, pp. 165–173.
- [41] T. Erickson and W. A. Kellogg, “Social Translucence: An Approach to Designing Systems That Support Social Processes,” *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, vol. 7, no. 1, pp. 59–83, Mar. 2000.
- [42] X. Gu, M. Dick, Z. Kurtisi, U. Noyer, and L. Wolf, “Network-centric music performance: Practice and experiments,” *Communications Magazine, IEEE*, vol. 43, no. 6, pp. 86–93, 2005.