



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος: Συγχρονισμός απομακρυσμένων
εταίρων κατά τη διάρκεια μιας μουσικής
σύμπραξης με τεχνολογίες νέφους

Αναστάσιος Καλαεντζής (ΑΜ: 2622)

Επιβλέπων Καθηγητής: Δημοσθένης Ακουμιανάκης

**Επιτροπή Αξιολόγησης: Δημοσθένης Ακουμιανάκης, Νικόλαος Βιδάκης,
Μανόλης Τσικνάκης**

Ημερομηνία Παρουσίασης: 17/9/2014

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον κ. Δημοσθένη Ακουμιανάκη και τον κ. Νικόλαο Βιδάκη για την ευκαιρία που μου δώσανε να εκπονήσω την πτυχιακή και πρακτική μου εργασία στο iSTLab. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Γιώργο Βλαχάκη για την άψογη συνεργασία που είχαμε στην υλοποίηση τμημάτων της εφαρμογής που παρουσιάζεται καθώς και την βοήθεια του σε θέματα της πτυχιακής μου και όλη την ομάδα του εργαστηρίου για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Σύνοψη

Τα τελευταία χρόνια οι μουσικοί εξερευνούν τρόπους συνεργασίας με απομακρυσμένα άτομα απ' όλο τον κόσμο. Ενώ υπάρχουν οι απαραίτητες υποδομές και υπάρχοντα συστήματα διαδικτυακής μουσικής εκτέλεσης, αυτά κάποιες φορές είναι περίπλοκα και απαιτούν την χρήση περαιτέρω εξοπλισμού π.χ. διακομιστών.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στην συνεργατική σύνθεση μουσικής με χρήση των αναδυόμενων τεχνολογιών νέφους. Μελετώνται βασικά γνωστικά αντικείμενα της επιστήμης των υπολογιστών όπως συνεργατική εκτέλεση καθηκόντων και υπολογιστική νέφους. Σημαντικό σημείο βέβαια της μελέτης είναι οι ψηφιακές αναπαραστάσεις για εικονικές ομάδες που εκτελούν εικονική εργασία.

Βάση των θεωριών αυτών, και την χρήση σχετικών βιβλιοθηκών μουσικής σύνθεσης και εργαλείων νέφους, αναπτύχθηκε ένα σύστημα συνεργατικής σύνθεσης μουσικής που επιτρέπει την σύμπραξη δυο ή περισσότερων εταίρων. Η σύμπραξη λαμβάνει μέρος σε εικονικό χώρο, χρησιμοποιώντας τις διάφορες ψηφιακές αναπαραστάσεις της εφαρμογής. Ο συγχρονισμός των εταίρων γίνεται καθολικά με την χρήση διασυννοριακών τεχνουργημάτων.

Abstract

In recent years musicians have been exploring ways to collaborate with remote people around the globe. Although there is proper infrastructure and existing networked music performance projects they turn out to be too complicated for novice users to utilize and require additionally equipment i.e. servers.

This thesis focuses on collaborative music composition with the use of emerging cloud technologies. Two disciplines of computer science are being considered, Computer – Supported Cooperative Work and Cloud Computing. Another important point of this study is the use of digital representations by virtual teams which are performing virtual work.

Based on these theories, with the use of relevant music composition and cloud libraries a collaborative music composition system is developed that enables the involvement of two or more partners. The partnership takes place in virtual space, using various digital representations of the application. The synchronization of the partners takes place explicitly with the use of boundary artifacts.

Table of Contents

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	I
ABSTRACT.....	III
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΜΟΥΣΙΚΗ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	1
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΘΕΩΡΙΩΝ.....	3
2.1 COMPUTER – SUPPORTED COOPERATIVE WORK.....	3
2.1.1 <i>Groupware</i>	4
2.2 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΕΙΚΟΝΙΚΕΣ ΟΜΑΔΕΣ	5
2.3 CLOUD COMPUTING	5
2.3.1 <i>Ορισμός</i>	6
2.3.2 <i>Βασικά χαρακτηριστικά</i>	7
2.3.3 <i>Μοντέλα υπηρεσίας νέφους</i>	8
2.3.4 <i>Μοντέλα ανάπτυξης νέφους</i>	9
2.4 ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ.....	10
2.4.1 <i>Μουσική Σημειογραφία – Ορολογία</i>	10
2.4.2 <i>MusicXML</i>	13
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΔΜΕ	14
3.1 ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ.....	14
3.1.1 <i>JMusic</i>	15
3.2 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΝΕΦΟΣ	15
3.2.1 <i>Google Drive</i>	15
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	21
4.1 ΤΟ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟ ΤΕΧΝΟΥΡΓΗΜΑ	21
4.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	22
4.2.1 <i>Music Module</i>	23
4.2.2 <i>Collaboration Module</i>	26
ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	30
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	41

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	42
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	44

Εισαγωγή

Η υπολογιστική νέφους (cloud computing) έχει μετατρέψει το διαδίκτυο σε ένα αποθετήριο εξειδικευμένων υπηρεσιών [1] που εξυπηρετούν το διαμοιρασμό αρχείων, την κοινωνική δικτύωση, την επιχειρηματική δραστηριότητα, την επικοινωνία, κλπ. Η μαζική υιοθέτηση των τεχνολογιών νέφους μας παρακινεί να εξετάσουμε αν είναι ωφέλιμο να μετατρέψουμε υπηρεσίες που βασίζονται στην κλασική αρχιτεκτονική client – server σε υπηρεσίες βασισμένες στο νέφος. Παράγοντες όπως το κόστος, η απλοποίηση της αρχιτεκτονικής κάνουν την έρευνα στο αντικείμενο ακόμα πιο ελκυστική.

Η πτυχιακή αυτή επικεντρώνεται στην σχεδίαση και υλοποίηση ενός συστήματος που θα επιτρέπει σε απομακρυσμένους χρήστες να συνθέτουν και να επεξεργάζονται ένα μουσικό έργο σε πραγματικό χρόνο με τον συγχρονισμό να πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας εργαλεία και υπηρεσίες νέφους . Θεωρητικά η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος στηρίζεται σε δυο γνωστικά πεδία της επιστήμης υπολογιστών, την συνεργατική εκτέλεση καθηκόντων με τη χρήση υπολογιστών (Computer – Supported Cooperative Work) και το Cloud Computing.

1.1 Μουσική εκτέλεση στο διαδίκτυο

Η μουσική εκτέλεση στο διαδίκτυο ή αλλιώς διαδικτυακή μουσική εκτέλεση (ΔΜΕ) είναι η αλληλεπίδραση μιας απομακρυσμένης ομάδας μουσικών μέσω δικτύου υπολογιστών, καθώς εκτελούν ένα μουσικό έργο σε πραγματικό χρόνο σαν να βρίσκονται στον ίδιο χώρο [2]. Η ομάδα αυτή συνενυρίσκεται σε εικονικό ψηφιακό χώρο ο οποίος προσομοιώνει ένα στούντιο ηχογράφησης ή μουσική σκηνή [3]. Βασικός στόχος της ΔΜΕ είναι η υποστήριξη μουσικών όταν η συνεύρεση τους είναι αδύνατη. Άλλοι στόχοι θα μπορούσαν να είναι πολιτισμικοί όπως η σύνθεση ή ανταλλαγή μουσικής απομακρυσμένων λαών.

Ιστορικά, στο τέλος της δεκαετίας του '70 είχαν αρχίσει οι πρώτες δοκιμές διασύνδεσης υπολογιστών και μουσικών οργάνων για την σύνθεση μουσικής [4]. Αλλά η τεχνολογία της εποχής δεν επέτρεπε τη ρεαλιστική υποστήριξη διαδικτυακής μουσικής καθώς υπήρχαν προβλήματα στην ποιότητα της μουσικής, στον συγχρονισμό, καθυστέρηση του δικτύου αλλά και στο λογισμικό. Καθώς όμως εξελίσσονταν τα δίκτυα υψηλής ταχύτητας μειώθηκε η καθυστέρηση δικτύου και ήταν δυνατή η μετάδοση υψηλής ποιότητας ήχου. Με τον ερχομό του Internet2 των πανεπιστημίων των ΗΠΑ, τα πρώτα ερευνητικά έργα που ασχολήθηκαν με

την μουσική εκτέλεση στο διαδίκτυο ήταν το Jacktrip της ομάδας SoundWIRE του πανεπιστημίου του Stanford, ενώ ακολούθησαν σειρά άλλων συστημάτων όπως τα LOLA, DIAMOUSES [5]κ.ά.

Σήμερα, αν και υπάρχει μεγάλη εξέλιξη στα υπολογιστικά συστήματα και το διαδίκτυο, τα συστήματα ΔΜΕ παραμένουν μεγάλη πρόκληση για τους σχεδιαστές και τους ερευνητές. Σύμφωνα με σχετικά άρθρα η μουσική εκτέλεση στο διαδίκτυο είναι από τις πιο απαιτητικές εφαρμογές στην τεχνολογία δικτύων υπολογιστών [6]. Οι απαιτήσεις είναι υψηλές λόγω της φύσης των συστημάτων αυτών. Όπως αναφέρεται [7], οι λόγοι που κάνουν τα συστήματα ΔΜΕ απαιτητικά είναι: οι απαιτήσεις τους σε εύρος ζώνης, η ευαισθησία σε καθυστερήσεις μετάδοσης, και ο αυστηρός συγχρονισμός των σημάτων που προέρχονται από κάθε εταίρο.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο κυριότερος στόχος της μουσικής εκτέλεσης στο διαδίκτυο είναι η υποστήριξη μουσικών όταν η συνεύρεση τους είναι αδύνατη. Για να είναι αυτή η “ψηφιακή συνεύρεση” ρελαστική θα πρέπει να πληρούνται κάποιες προδιαγραφές [7]. Συγκεκριμένα τα συστήματα αυτά θα πρέπει να δημιουργούν έναν εικονικό χώρο στο διαδίκτυο για σύγχρονη και ασύγχρονη διάδραση μεταξύ των εταίρων. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να υπάρχει πλήρη επίγνωση των πράξεων των εμπλεκόμενων εταίρων και της μεταξύ τους επικοινωνίας.

Επισκόπηση Θεωριών

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται και αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο που θα υποστηρίξει την μουσική εκτέλεση/σύνθεση μεταξύ εταίρων χρησιμοποιώντας το νέφος. Αρχικά αναλύονται οι βασικές αρχές της συνεργατικής εκτέλεσης καθηκόντων, στην συνέχεια παρουσιάζονται βασικές έννοιες και ορισμοί του υπολογιστικού νέφους και τέλος πως θα πραγματοποιηθεί η μουσική αναπαράσταση στην εφαρμογή που θα αναπτυχθεί.

2.1 Computer – Supported Cooperative Work

Η υπολογιστική υποστήριξη της ομαδικής εργασίας είναι γνωστή με τους όρους Computer Supported Cooperative Work (CSCW). Σύμφωνα με τον Wilson [8], “Η CSCW είναι ένας γενικός όρος που συνδυάζει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι εργάζονται σε ομάδες, με τις διευκολύνσεις που προσφέρουν οι υπολογιστικές και οι δικτυακές τεχνολογίες, και σχετίζει το υλικό, το λογισμικό, τις υπηρεσίες και τις τεχνικές”. Η ιδέα αυτή ξεκίνησε πριν από 30 χρόνια όταν προαναφέρθηκε από τους Cashman & Greif το 1984. Ωστόσο, ήδη η έρευνα του Englebart από την δεκαετία του '60 είχε περιλάβει πολλά από τα χαρακτηριστικά που μελετώνται σε αυτόν τον τομέα, αλλά από τότε η έρευνα είχε προχωρήσει σε ένα πλήθος από θέματα, όπως είναι η επιστήμη των υπολογιστών, η κοινωνιολογία, η ψυχολογία και η γλωσσολογία.

Η CSCW, ως ακαδημαϊκός τομέας, αποτελείται από επιστήμονες διαφόρων τομέων όπως ψυχολόγοι, κοινωνιολόγοι, επιστήμονες ηλεκτρονικών υπολογιστών κ.ά. Ήταν το έναυσμα για να φέρει κοντά τους κοινωνιολόγους με τους επιστήμονες των τεχνολογικών τομέων. Οι πολυετής έρευνες των επιστημόνων αυτών επικεντρώνονται σε κάποια βασικά θέματα στην συνεργατική εκτέλεση καθηκόντων:

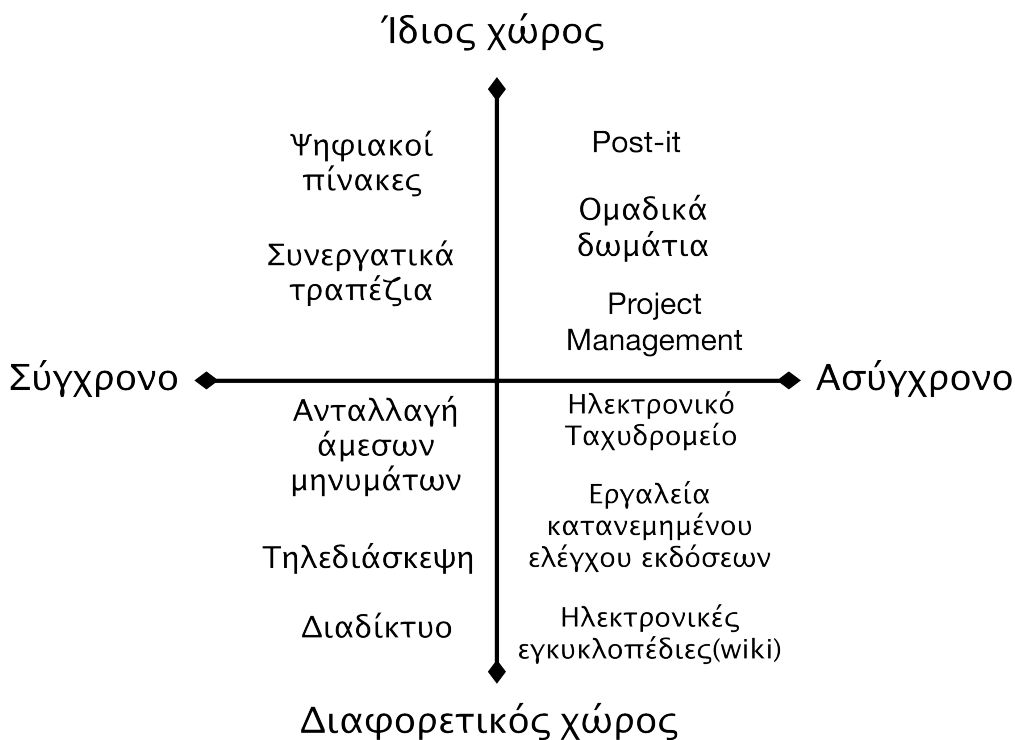
- Επίγνωση εταίρων (*Awareness*)
- Translucence
- Έλεγχος ταυτόχρονης προσπέλασης (*Concurrency control*)
- Πολυχρηστικά περιβάλλοντα αλληλεπίδρασης
- Υποστήριξη ετερογενούς περιβάλλοντος
- Επικοινωνία και συνεργασία ομάδας

Οι ερευνητές συνήθως υιοθετούν μια από τις δυο απόψεις για την συνεργατική εκτέλεση καθηκόντων [9]. Η πρώτη, η τεχνολογοκεντρική, δίνει έμφαση σε τρόπους

επιμόρφωσης καλύτερων τεχνολογιών έτσι ώστε να υποστηρίξει κατάλληλα τις απαιτήσεις της συνεργασίας των εταίρων. Ενώ η δεύτερη, η εργασιοκεντρική, μελετάει τον τρόπο εργασίας των εταίρων ώστε να αναπτυχθούν συστήματα που υποστηρίζουν την εργασία ομάδων. Στην παρούσα πτυχιακή δίνεται έμφαση στην εργασιοκεντρική όπου το σύστημα υλοποιείται για να υποστηρίξει την ομαδική συνεργασία των μουσικών.

2.1.1 Groupware

Groupware ονομάζονται οι εφαρμογές ή συστήματα που υποστηρίζουν την συνεργασία μεταξύ ομάδων ατόμων που έχουν ένα κοινό στόχο [10]. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι ομαδικά ημερολόγια, ομαδικά έγγραφα κειμένου. Ένας τρόπος θεώρησης εφαρμογών groupware είναι να εξετάσουμε τον χρόνο και τον χώρο που λαμβάνει χώρα η συνεργατική αλληλεπίδραση.



Εικόνα 1: Groupware Matrix

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 ο πίνακας που προκύπτει έχει δύο διαστάσεις, ο άξονας του χρόνου χωρίζει τα συστήματα σε σύγχρονα και ασύγχρονα ανάλογα με το αν απαιτείται από το σύστημα η ταυτόχρονη σύμπραξη των εταίρων ή όχι. Για παράδειγμα το κλασικό ταχυδρομείο θεωρείται *ασύγχρονο* ενώ το τηλέφωνο συγκαταλέγεται στους *σύγχρονους* μηχανισμούς επικοινωνίας. Ο άλλος άξονας χωρίζει τα συστήματα γεωγραφικά, δηλαδή αν βρίσκονται στον ίδιο χώρο ή διαφορετικό. Τα πρώτα συστήματα groupware που

εμφανίστηκαν στόχευαν στο να βοηθήσουν απομακρυσμένα άτομα να συνεργαστούν, μερικά παραδείγματα απομακρυσμένων συστημάτων είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και η τηλεδιάσκεψη. Στη συνέχεια και καθώς οι απαιτήσεις άξζαναν αναπτύχθηκαν συστήματα συνεργασίας που αξιοποιούνται από χρήστες που βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο (co-located).

2.2 Εκτέλεση εικονικής εργασίας από εικονικές ομάδες

Ως ομάδα ορίζεται στην βιβλιογραφία από τον [11] : *«η συλλογή ατόμων αλληλοεξαρτώμενα στις εργασίες τους, οι οποίοι μοιράζονται την ευθύνη των αποτελεσμάτων, οι οποίοι βλέπουν τους εαυτούς τους και βλέπονται από άλλους ως μια ακέραια κοινωνική οντότητα σε ένα ή μεγαλύτερο κοινωνικό σύστημα και τέλος αυτοί που διαχειρίζονται την σχέση τους σε ένα σύνολο σχετικών οργανισμών»*. Ενώ ως εικονικές ομάδες ορίζονται [12] : *«...οι ομάδες οι οποίες είναι γεωγραφικά, οργανωτικά και χρονολογικά διασκορπισμένες συγκροτούμενες από τεχνολογίες πληροφορικής για να ολοκληρώσουν ένα ή περισσότερα οργανωτικά καθήκοντα.»*

Στην πρόσφατη βιβλιογραφία [13] έχουν διαχωριστεί οι έννοιες της ψηφιοποίησης και εικονικότητας προσφέροντας έτσι περισσότερη κατανόηση των ρόλων των αναπαραστάσεων για τις εργασίες που εκτελούνται μέσω υπολογιστή. Ως ψηφιοποίηση αναφέρεται η δημιουργία αναπαραστάσεων, που βασίζονται σε υπολογιστή, και αποδίδουν συγκεκριμένα φυσικά φαινόμενα ή οντότητες. Η εικονικότητα αναφέρεται σε αναπαραστάσεις οι οποίες αντιπροσωπεύουν, και μερικές φορές αντικαθιστούν, φυσικά αντικείμενα και οντότητες. Έχοντας υπόψιν τον διαχωρισμό που αναφέρθηκε παραπάνω και καταφεύγοντας στην σχετική βιβλιογραφία [13] η εικονική εργασία που εμπλέκει ψηφιακές αναπαραστάσεις μπορεί να ταξινομηθεί ως εργασία:

- μέσω αναπαραστάσεων – συνεργατική σύνθεση μουσικής
- πάνω σε αναπαραστάσεις – αλληλεπίδραση με μια παρτιτούρα
- διαμέσου αναπαραστάσεων – καταγραφή μουσικής εκτέλεσης
- μεταξύ αναπαραστάσεων – εισαγωγή στοίχων σε νότες και ενσωμάτωση τους στην συνέχεια στο μουσικό έργο

2.3 Cloud Computing

Στο τέλος της δεκαετίας του '60, όταν οι υπηρεσίες πληροφορικής παρέχονταν με την χρήση υπολογιστών mainframe μέσω δικτύου, ξεκίνησε η ιδέα της κεντροποιημένης χρήσης υπολογιστών. Το 1966, ο Douglass Parkhill δημοσίευσε ένα βιβλίο [14] περιγράφοντας την

χρήση υπολογιστών ως ένα δημόσιο αγαθό με κεντρικές εγκαταστάσεις υπολογιστών όπου οι απομακρυσμένοι χρήστες συνδέονταν στο σύστημα με την χρήση δικτύου. Βέβαια, η ιδέα αυτή δεν ήταν ξένη καθώς το ίδιο συμβαίνει με το ηλεκτρικό ρεύμα από την αρχή του 20^{ου} αιώνα.

Όμως με την καθιέρωση των προσωπικών υπολογιστών και με την ραγδαία ανάπτυξη τους σε επίπεδο πόρων και λογισμικού οι περισσότερες εταιρίες εγκατέλειψαν τα mainframes. Τη δεκαετία του 2000, η Amazon έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του υπολογιστικού νέφους, με τον εκσυγχρονισμό των datacenter της, τα οποία χρησιμοποιούσαν μόλις το 10% της μέγιστης δυνατότητάς τους, αφήνοντας περιθώριο για περιστασιακές ανάγκες. Το 2006, ξεκίνησε μια νέα προσπάθεια για την ανάπτυξη και την παροχή νέφους σε εξωτερικούς πελάτες, παρουσιάζοντας το Amazon Web Services (AWS) [15] και το Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), το οποίο επιτρέπει σε μικρές επιχειρήσεις και ιδιώτες να νοικιάζουν υπολογιστικούς πόρους.

Σήμερα με την έλευση του Ίντερνετ και την εκτεταμένη χρήση του ο κόσμος της πληροφορικής έχει γιγαντωθεί και γίνει πολύπλοκος. Το υπολογιστικό νέφος αναδύεται ως ένα ιδιαίτερα δημοφιλές μοντέλο, το οποίο μπορεί να υποστηρίξει τεράστιο όγκο δεδομένων και απαιτήσεις σε τεράστια υπολογιστική ισχύ χρησιμοποιώντας συμπλέγματα υπολογιστών. Έτσι, το ενδιαφέρον για το υπολογιστικό νέφος ως μια τεχνική και επιχειρηματική λύση αυξάνεται διαρκώς. Η ποικιλία των διαθέσιμων εφαρμογών, πλατφόρμας και υπηρεσιών νέφους αυξάνεται, δημιουργώντας νέα χαρακτηριστικά για το νέφος που παρέχονται στον τελικό χρήστη.

2.3.1 Ορισμός

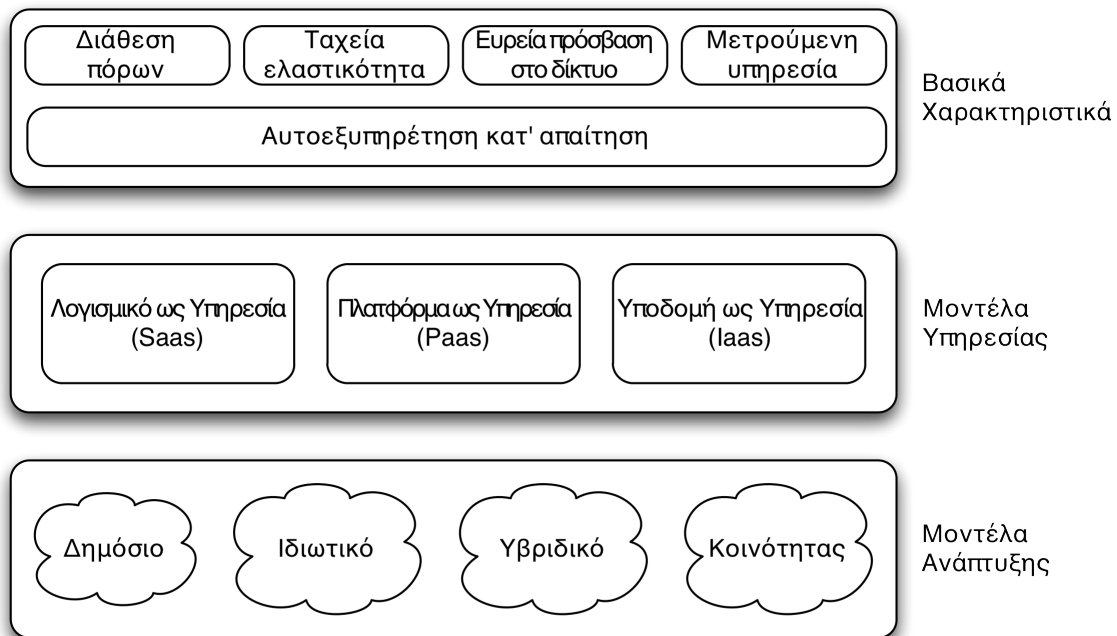
Στο υπολογιστικό νέφος η αποθήκευση, η επεξεργασία και η χρήση δεδομένων, λογισμικού και υπηρεσιών γίνεται διαδικτυακά, μέσω απομακρυσμένων υπολογιστών σε κεντρικά datacenter. Υπηρεσίες όπως η κατ' αίτηση παροχή εικονικών μηχανών, το διαδικτυακό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή τα κοινωνικά δίκτυα συχνά βασίζονται στην τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους. Οι χρήστες εξοικονομούν πόρους από την αγορά και συντήρηση λογισμικού, τη συντήρηση ακριβών εξυπηρετητών και εγκαταστάσεων αποθήκευσης δεδομένων.

Ο ορισμός του cloud computing σύμφωνα με το NIST (Εθνικό Ινστιτούτο Επιστήμης και Τεχνολογίας των Η.Π.Α) είναι [16]:

«Το υπολογιστικό νέφος είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει την εύκολη, κατ' αίτηση πρόσβαση σε μια κοινόχρηστη τράπεζα παραμετροποιήσιμων υπολογιστικών πόρων (δίκτυα, εξυπηρετητές,

μέσα αποθήκευσης, εφαρμογές και υπηρεσίες) οι μπορούν να δεσμεύονται και να ελευθερώνονται με την ελάχιστη δυνατή προσπάθεια ή αλληλεπίδραση με τον πάροχο της υπηρεσίας.»

Το NIST ορίζει την αρχιτεκτονική του Cloud Computing περιγράφοντας πέντε βασικά χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα υπηρεσίας νέφους και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης νέφους [16] όπως φαίνονται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2: Μοντέλα και χαρακτηριστικά υπολογιστικού νέφους

2.3.2 Βασικά χαρακτηριστικά

- **On demand self service - Κατ' αίτηση αυτοεξυπηρέτηση**

Ο χρήστης μπορεί όποτε επιθυμεί να χρησιμοποιήσει μια υπηρεσία ή να δεσμεύει υπολογιστικούς πόρους, όπως μονάδες επεξεργασίας και αποθήκευσης, χωρίς την ενδιάμεση αλληλεπίδραση με τον πάροχο των υπηρεσιών.

- **Broad network access - Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο**

Οι υπολογιστικοί πόροι είναι διαθέσιμοι μέσω του δικτύου και η πρόσβαση γίνεται μέσω τυποποιημένων μηχανισμών από συσκευές-πελάτες (π.χ. κινητά τηλέφωνα, tablet, φορητοί υπολογιστές και σταθμούς εργασίας).

- **Resource pooling - Διάθεση πόρων**

Οι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου όπως μνήμη, αποθηκευτικός χώρος, εύρος ζώνης συγκεντρώνονται για να διατεθούν στους χρήστες

χρησιμοποιώντας μοντέλα πολλαπλής μίσθωσης (*multi-tenancy*), με διαφορετικούς φυσικούς και εικονικούς πόρους να εκχωρούνται και να αναδιανέμονται δυναμικά ανάλογα με την ζήτηση των χρηστών.

- **Rapid elasticity - Ταχεία ελαστικότητα**

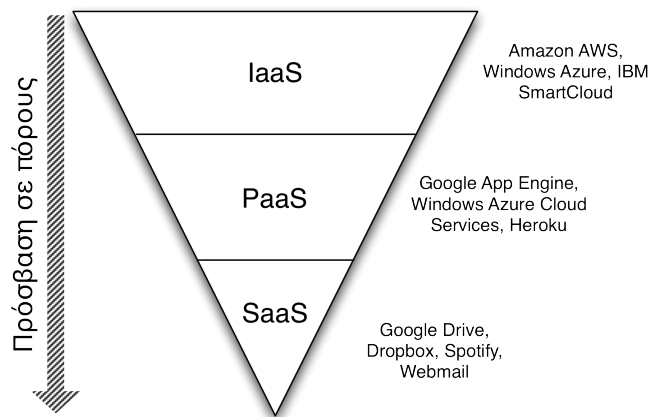
Οι υπολογιστικές δυνατότητες του παρόχου μπορούν να δεσμεύονται και να αποδεσμεύονται ελαστικά, σε μερικές περιπτώσεις αυτόματα, ώστε να κλιμακώνεται το υπολογιστικό νέφος ανάλογα με την ζήτηση. Για τον χρήστη, οι υπολογιστικές δυνατότητες (πόροι) του παρόχου φαίνονται απεριόριστες και μπορούν να διατεθούν ανά πάσα στιγμή σε όποια ποσότητα επιθυμεί ο χρήστης.

- **Measured service - Μετρούμενη υπηρεσία**

Τα συστήματα υπολογιστικού νέφους ελέγχουν και βελτιστοποιούν τους πόρους αυτόματα αξιοποιώντας τα κατάλληλα συστήματα μέτρησης αναλόγως την υπηρεσία (χώρος, εύρος ζώνης, αριθμός χρηστών). Η χρήση των πόρων μπορεί να παρακολουθείται, να ελέγχεται και να καταγράφεται, παρέχοντας διαφάνεια για τον πάροχο αλλά και για τον χρήστη.

2.3.3 Μοντέλα υπηρεσίας νέφους

Τα μοντέλα υπηρεσίας νέφους ταξινομούν ιεραρχικά τις υπηρεσίες νέφους που προσφέρει ένας πάροχος, στην πρώτη βαθμίδα συναντάτε το μοντέλο με την περισσότερη πρόσβαση σε υπολογιστικούς πόρους.



Εικόνα 3: Μοντέλα υπηρεσίας νέφους

- **Υποδομή ως υπηρεσία – (IaaS)**

Ο χρήστης έχει πρόσβαση κυρίως σε υπολογιστικούς “υλικούς” πόρους όπως αποθηκευτικός χώρος, δίκτυο, επεξεργαστική ισχύ κ.ά., στους οποίους μπορεί

να εγκαθιστά εφαρμογές, εικονικά λειτουργικά συστήματα κ.ά. Αν και υπάρχει πρόσβαση στους πόρους, ο χρήστης δεν μπορεί να αλλάξει την υπάρχουσα υποδομή.

- **Πλατφόρμα ως υπηρεσία**

Σε αυτήν την παρεχόμενη υπηρεσία δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να εγκαθιστά ή να αναπτύσσει δικές του εφαρμογές χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού, βάσεις δεδομένων, βιβλιοθήκες ή άλλα εργαλεία που παρέχονται από τον πάροχο της υπηρεσίας. Ο χρήστης έχει πρόσβαση μόνο στις εγκαταστημένες εφαρμογές ή τις όποιες ρυθμίσεις του περιβάλλοντος φιλοξενίας των εφαρμογών αυτών.

- **Λογισμικό ως υπηρεσία**

Ο χρήστης έχει πρόσβαση σε μια ή περισσότερες εφαρμογές του παρόχου μέσω περιηγητών διαδικτύου, φορητών συσκευών ή άλλες διεπαφές. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αλλάξει κάποιες ρυθμίσεις της εφαρμογής που αφορούν τον ίδιο αλλά όχι να αλλάξει τον πηγαίο κώδικα. Το μοντέλο αυτό είναι εξαιρετικά εύχρηστο σε περιπτώσεις όπως π.χ. ο πάροχος να θέλει να αναβαθμίσει την εφαρμογή ή να την αλλάξει και να έχει άμεση επίδραση σε όλους τους χρήστες.

2.3.4 Μοντέλα ανάπτυξης νέφους

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες θεωρήσεις για τον τρόπο αξιοποίησης τους νέφους. Οι επικρατέστερες τάσεις είναι οι ακόλουθες:

- **Ιδιωτικό νέφος**

Αυτή η υποδομή νέφους χρησιμοποιείται από έναν μοναδικό οργανισμό. Αναπτύσσεται και διαχειρίζεται σε εγκαταστάσεις του ίδιου οργανισμού ή σε τρίτο πάροχο ή σε συνδυασμό αυτών.

- **Δημόσιο νέφος**

Σε αυτήν την υποδομή νέφους οι υπηρεσίες που παρέχει ο πάροχος διατίθενται μέσω ενός δικτύου που είναι ανοιχτό για όλους. Οι υποδομές (υπολογιστές, δρομολογητές κ.ά.) βρίσκονται στις εγκαταστάσεις του παρόχου ή σε τρίτο μέρος αλλά τις διαχειρίζεται μόνο αυτός.

- **Νέφος κοινότητας**

Είναι η από κοινού χρήση υποδομής νέφους αποκλειστικά από δυο ή περισσότερους οργανισμούς οι οποίοι έχουν κοινά ενδιαφέροντα και ανησυχίες. Οι υποδομές βρίσκονται και διαχειρίζονται από τους οργανισμούς αυτούς ή από τον πάροχο.

- **Υβριδικό νέφος**

Το υβριδικό νέφος είναι ο συνδυασμός δυο ή περισσότερων διαφορετικών μοντέλων που παραμένουν ανεξάρτητες οντότητες αλλά συνδέονται μεταξύ τους έτσι ώστε να αξιοποιούνται τα πλεονεκτήματα του κάθε μοντέλου. Ένα παράδειγμα τέτοιας υποδομής θα ήταν σε περίπτωση τραπεζικού ιδρύματος. Η τράπεζα θα χρειαζόταν την ανάπτυξη ιδιωτικής υποδομής νέφους για τα ευαίσθητα δεδομένα των πελατών της ενώ δημόσιο νέφος σε περίπτωση μιας εφαρμογής e-banking.

2.4 Ψηφιακή αναπαράσταση μουσικής

Οι πρώτες ενδείξεις της μουσικής αναπαράστασης είχαν εμφανιστεί από τον 20^ο αιώνα π.Χ. (Kilmer, 1984). Κύριος σκοπός των πρώτων αναπαραστάσεων ήταν η καταγραφή τους για την αρχειοθέτηση του συνθέτη ή την αναπαραγωγή από άλλους. Η εφεύρεση της δυτικής μουσικής σημειογραφίας ή Common Music Notation (CMN) όπως είναι ευρέως γνωστή, αποδίδεται στον Arezzo σύμφωνα με την διατριβή του *Micrologus* [17]. Σήμερα είναι η πλέον πιο συνηθισμένη και αποδεκτή γραφική αναπαράσταση μουσικής [18]. Ενσωματώνει πολλά χαρακτηριστικά της μουσικής θεωρίας όπως τέμπο, beats, επαναλήψεις, τονικότητα και μια πιο αποτελεσματική μουσική δομή στην παρτιτούρα. Αν και η CMN είναι λεπτομερής όσον αφορά την σύνθεση ενός μουσικού έργου δεν είναι αποτελεσματική στην εκτέλεση ενώ παραμένει στην ευχέρεια του μουσικού πως θα εκτελεστεί.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την επικράτηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών υπήρχε ανάγκη ανάπτυξης ηλεκτρονικών οργάνων και εφαρμογών σύνθεσης μουσικής. Με την έρευνα στο γνωστικό πεδίο των ψηφιακών μουσικών αναπαραστάσεων και των υποκείμενων μαθηματικών παρουσιάστηκαν οι πρώτες συμβολικές μουσικές αναπαραστάσεις στον υπολογιστή [19] που επικεντρωνόταν στην αναπαράσταση παρτιτούρας

2.4.1 Μουσική Σημειογραφία – Ορολογία

Στην υπό-ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές δομές της μουσικής σημειογραφίας με βάση την σύγχρονη δυτική κουλτούρα και τεχνοτροπία.

Νότα

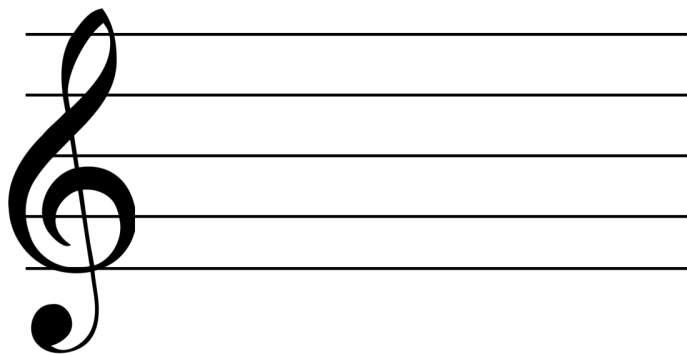
Η νότα σημειογραφικά αναπαριστά τον τόνο και την διάρκεια ενός ήχου. Το τονικό εύρος εξαρτάται από το μουσικό όργανο αλλά στον υπολογιστή με το πρωτόκολλο MIDI το τονικό εύρος είναι δέκα οκτάβες. Η διάρκεια της νότας εξαρτάται από το τέμπο του μουσικού έργου και την σχετική διάρκεια της νότας, στην Εικόνα 4 φαίνονται οι αξίες που μπορεί να πάρει μια νότα: ολόκληρο, μισό, τέταρτο, όγδοο, δέκατο έκτο, κοκ. Για παράδειγμα μια νότα, με σχετική διάρκεια ένα ολόκληρο και τέμπο 120 παλμούς το δευτερόλεπτο, θα είχε διάρκεια 2 δευτερόλεπτα.



Εικόνα 4: Αξίες σχετικής διάρκειας

Πεντάγραμμο

Το πεντάγραμμο είναι ένα σχήμα αποτελούμενο από πέντε οριζόντιες γραμμές που έχουν ίση μεταξύ τους απόσταση η οποία ονομάζεται διάστημα. Οι νότες μπορούν να τοποθετηθούν σε γραμμή, σε διάστημα και σε βοηθητικές γραμμές πάνω και κάτω από το πεντάγραμμο. Στην αρχή του πενταγράμμου τοποθετείται το μουσικό κλειδί και προσδιορίζει την ονομασία και το ύψος κάθε νότας. Υπάρχουν τρία είδη μουσικών κλειδιών: το κλειδί του Σολ, χρησιμοποιείται για υψίφωνα μέρη, το κλειδί του Φα, χρησιμοποιείται για βαρύτονα μέρη και το κλειδί του Ντο που χρησιμοποιείται για μεσόφωνα μέρη.



Εικόνα 5: Αναπαράσταση πεντάγραμμο

Σε περίπτωση σύνθεσης μουσικού έργου που απαιτείται μεγάλο εύρος νότων, με την χρήση οργάνων όπως το πιάνο, δημιουργείται ομάδα πενταγράμμων αποτελούμενη από ένα

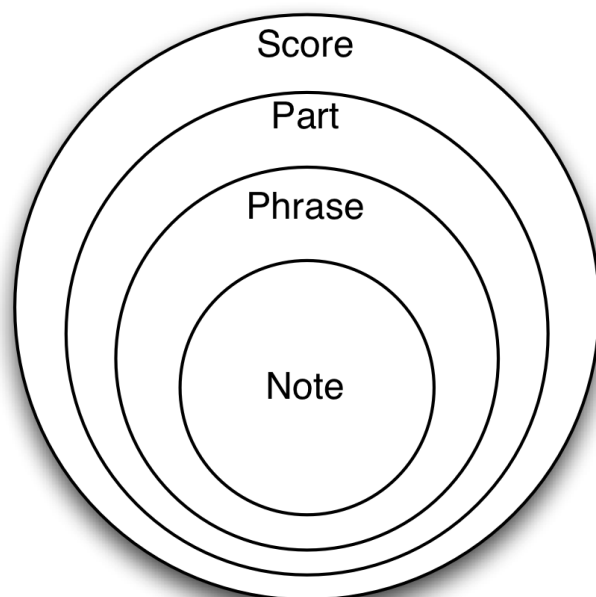
πεντάγραμμο με το κλειδί του Σολ και ένα πεντάγραμμο με το κλειδί του Φα ενωμένα μεταξύ τους με ένα άγκιστρο όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 6: Πεντάγραμμο με μεγάλο εύρος νότων

Μουσική Δομή

Ένα μουσικό έργο (Score) αποτελείται από πολλά μουσικά μέρη (Parts) τα οποία συνήθως δηλώνουν όργανο μουσικής, για παράδειγμα θα μπορούσε ένα score να αποτελούνταν από 2 μέρη – ένα πιάνο και μια κιθάρα. Τα μουσικά μέρη εμπεριέχουν τις μουσικές φράσεις, τυπικά μια μελωδία δημιουργείται με πολλές διαδοχικές φράσεις οι οποίες με την σειρά τους εμπεριέχουν νότες. Η Εικόνα 7 αναπαριστά σχηματικά την δομή αυτή, π.χ. η φράση εμπεριέχει νότες, κοκ.



Εικόνα 7: Δομή μουσικής σημειογραφίας σε υπολογιστή

2.4.2 MusicXML

Το MusicXML είναι ένα πρότυπο το οποίο βασίζεται στην γλώσσα περιγραφής XML και παρέχει πληροφορίες αναφορικά με το ακουστικό αποτέλεσμα μιας μουσικής εκτέλεσης ή σύνθεσης. Περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με το σύνολο από νότες που συνθέτουν το μουσικό έργο όπως το pitch, τη διάρκεια, τη δυναμική κ.ά. Λόγω του ότι βασίζεται στο XML, το οποίο είναι γνωστό για την ευκολία στην ανάγνωση και την κωδικοποίηση του από τα πολλά εργαλεία που υπάρχουν, το καθιστά ένα φιλικό προς την χρήση πρότυπο.

Για να γίνει κατανοητό το πρότυπο παρουσιάζεται ένα παράδειγμα από την ιστοσελίδα του MusicXML, την MakeMusic.com [20]. Το παράδειγμα αποτελεί την αναπαράσταση της νότας C4 διάρκειας ενός ολοκλήρου σε ένα μέτρο όπως φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της στην Εικόνα 8. Η μετατροπή του φαίνεται στην Εικόνα 9.



Εικόνα 8: Παράδειγμα MusicXML

```
<part id="P1">
  <measure number="1">
    <note>
      <pitch>
        <step>C</step>
        <octave>4</octave>
      </pitch>
      <duration>4</duration>
      <type>whole</type>
    </note>
  </measure>
</part>
```

Εικόνα 9: Μετατροπή παραδείγματος σε MusicXML

Επισκόπηση Εργαλείων για την ανάπτυξη εφαρμογών

ΔΜΕ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται εργαλεία τα οποία είναι υπεύθυνα για τον συγχρονισμό των εταίρων στο νέφος και την γραφική αναπαράσταση της μουσικής. Η αναφορά περιλαμβάνει ενδεικτικές κατηγορίες που σχετίζονται άμεσα με την εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

3.1 Βιβλιοθήκες αναπαράστασης μουσικής

Για την σύνθεση, αναπαράσταση και γενικές εφαρμογές μουσικής η βιβλιοθήκη JMusic είναι η πλέον αναγνωρισμένη σε κοινότητες μουσικών γεγονός που τεκμηριώνεται από τον υψηλό βαθμό υιοθέτησης της σε πολλές μουσικές εφαρμογές Java αλλά και από τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει σε σχέση με άλλες βιβλιοθήκες. Ειδικότερα, σε μελέτη του 2005 ο Costalonga [21] ανέλυσε και σύγκρινε 14 βιβλιοθήκες μουσικής σε Java, εξετάζοντας 8 κατηγορίες και 35 χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες που συγκρίθηκαν είναι: επεξεργασία ήχου, σύνθεση ήχου, εγγραφή midi, αλληλεπίδραση με συσκευές midi, σύνθεση midi, γραφική αναπαράσταση μουσικής, αλληλεπίδραση με διάφορα format μουσικής, και σύνθεση μουσικής. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται συνοπτικά οι βιβλιοθήκες που συγκρίθηκαν και τον αριθμό χαρακτηριστικών που ενσωματώνουν.

Table 1

Βιβλιοθήκη	Κατηγορίες (8)	Χαρακτηριστικά (35)
JMusic	7	26
Tritonus	3	13
Java Sound	3	11
JSyn	3	11
JMSL	2	11
MIDI Share	2	7
Xemo	2	3
MIDI Kit	1	3
JASS	1	3
NoSuch MIDI	1	2
Wire/Wire Provider	1	2
JavaMidi	1	2
JScore	1	2
JFugue	1	1

3.1.1 JMusic

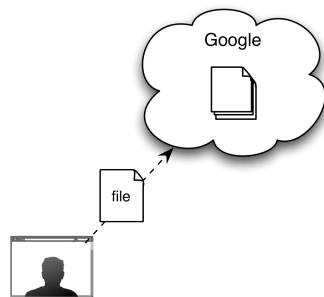
Το JMusic σχεδιάστηκε κυρίως για την χρήση από συνθέτες και όχι από προγραμματιστές σύμφωνα με τους δημιουργούς του αλλά λόγω ότι είναι ανοιχτού κώδικα και του δυνατού API που προσφέρει έχει υιοθετηθεί από πολλούς προγραμματιστές για την χρήση του σε εφαρμογές όπως Impro-visor [22], jm-Etude [23] κ.ά. Λόγω ότι είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα (GNU public license) υπάρχουν δυνατότητες διεύρυνσης και επέκτασης της βιβλιοθήκης τα οποία είναι απαραίτητα για την δημιουργία νέων διαδραστικών αντικειμένων υποστηρίζοντας καλύτερα την συνεργατική σύνθεση. Επίσης υποστηρίζει σε μεγάλο βαθμό την εναλλαξιμότητα διάφορων αρχείων όπως MIDI, MusicXML, wav, mp3 κ.ά.

3.2 Συγχρονισμός στο Νέφος

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να γίνει συγχρονισμός αρχείων, δεδομένων στο νέφος από παρόχους που προσφέρουν πολύ ισχυρές υπηρεσίες υποδομής (Windows Azure) αλλά οι υπηρεσίες όπως το Google Drive είναι πιο ελκυστικές λόγω των ενσωματωμένων συνεργατικών εργαλείων που έχουν όπως awareness, translucence, invitations.

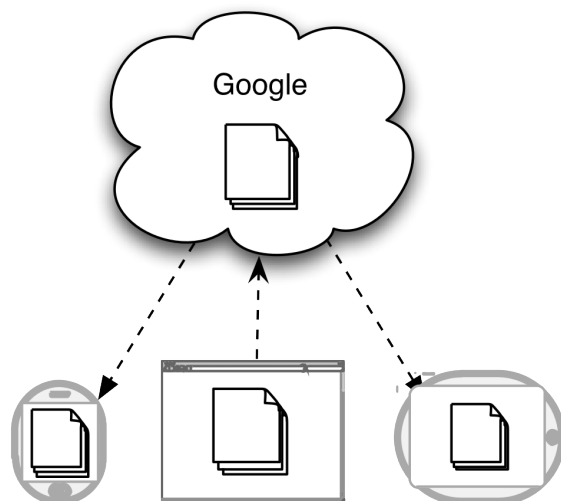
3.2.1 Google Drive

Το Google Drive είναι μια υπηρεσία αποθήκευσης και συγχρονισμού αρχείων στο νέφος. Βασίζεται στο μοντέλο SaaS (λογισμικό ως υπηρεσία) παρέχοντας μια διεπαφή ή εφαρμογή στον χρήστη ώστε να ανεβάζει αρχεία στο νέφος της Google. Υπάρχουν δυο τρόποι λοιπόν να αντιγράψει κανείς αρχεία. Ο πρώτος τρόπος, η εφαρμογή της υπηρεσίας, δημιουργεί μια εικόνα στο νέφος των αρχείων που βρίσκονται σε έναν τοπικό φάκελο του υπολογιστή του χρήστη και έτσι τα αρχεία είναι προσβάσιμα από παντού και οποιαδήποτε στιγμή ακόμα και αν χαλάσει ο υπολογιστής. Ο δεύτερος τρόπος είναι με μια διεπαφή (Εικόνα 12) μέσω ενός περιηγητή όπου ο χρήστης ανεβάζει χειροκίνητα τα αρχεία που θέλει να αντιγράψει στο νέφος.



Εικόνα 10: Αναπαράσταση αποθήκευσης αρχείου στο νέφος

Άλλο ένα βασικό χαρακτηριστικό του Google Drive είναι ο Συγχρονισμός. Ένας χρήστης μπορεί να έχει πολλές συσκευές στην κατοχή του, για να υπάρχει συνοχή μεταξύ αυτών η εγκατεστημένη εφαρμογή της υπηρεσίας ελέγχει τον τοπικό φάκελο για αλλαγές, συγχρονίζει τον φάκελο με τους διακομιστές της και στην συνέχεια οι συσκευές (Εικόνα 11).

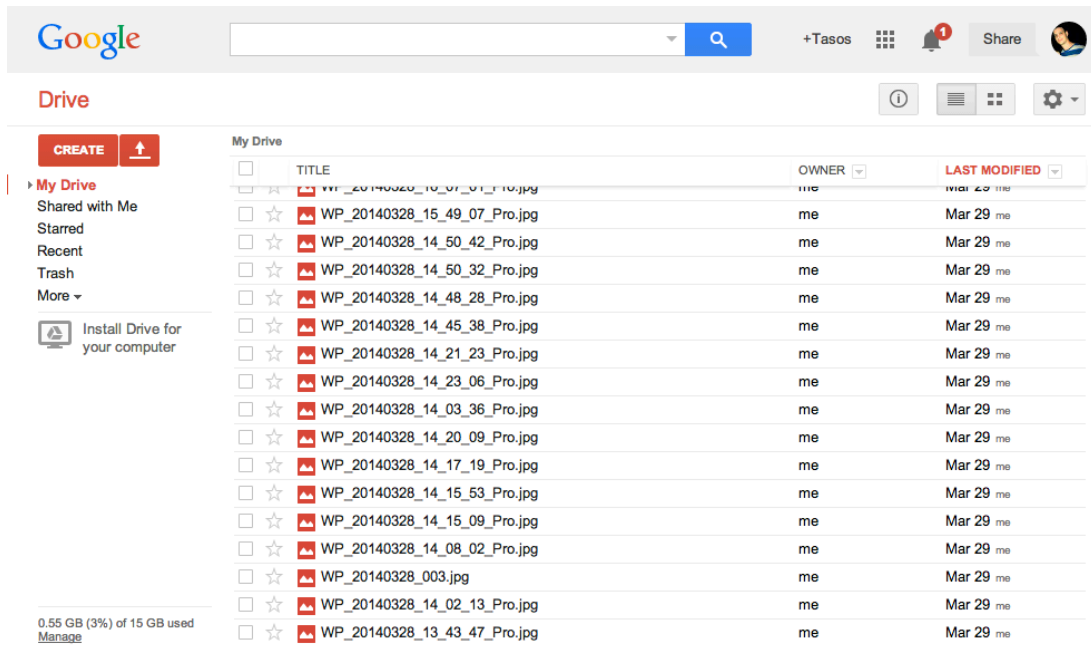


Εικόνα 11: Αναπαράσταση Συγχρονισμού

Ένα αρχείο ή φάκελος μπορεί να μοιραστεί με οποιοδήποτε άτομο ή ομάδα ατόμων αφού γίνει πρόσκληση για κοινή χρήση. Υπάρχουν τρία είδη κοινής χρήσης: *δημόσια* - όπου οποιοσδήποτε μπορεί να δει το αρχείο/φάκελο, *άτομα με link* - σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης διαμοιράζει την ηλεκτρονική διεύθυνση όπου βρίσκεται το αρχείο και βάζοντας την σε έναν περιηγητή θα έχουν πρόσβαση στο αρχείο, *συγκεκριμένα άτομα* - συμπληρώνεται μέσω της διεπαφής τα email των ατόμων στον οποίων θα γίνει κοινή χρήση και στην συνέχεια αν το δεχτούν το αίτημα το αρχείο θα βρίσκεται στο δικό τους Drive.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα που προσφέρει η υπηρεσία αυτή είναι τα ενσωματωμένα εργαλεία πρόσκλησης και διαμοιρασμού αρχείων μέσα από την διεπαφή της εφαρμογής αλλά και φυσικά μέσω βιβλιοθηκών που προσφέρει η Google.

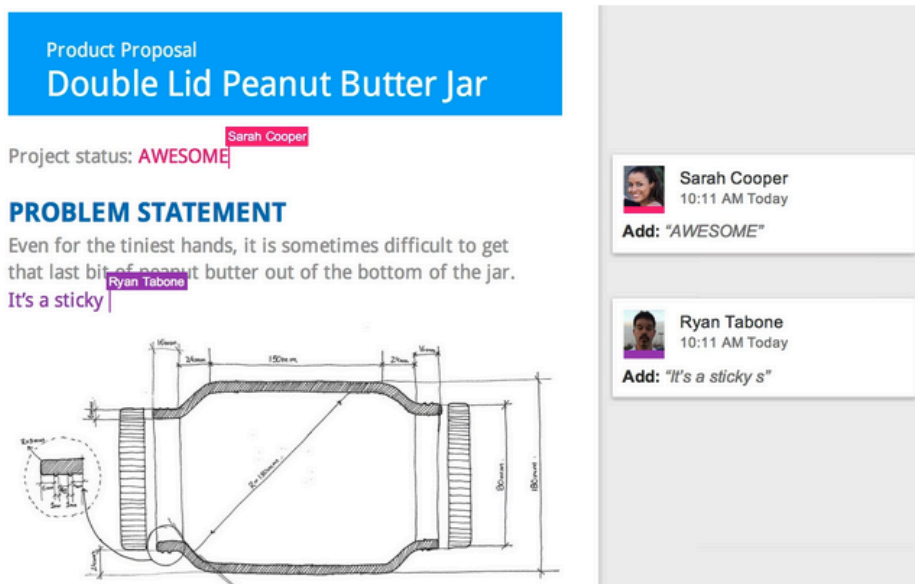
Στο πλαίσιο της συνεργατικής εκτέλεσης καθηκόντων και στο ενδιαφέρον αυτής της πτυχιακής είναι η ενσωματωμένη σουίτα εφαρμογών γραφείου, Google Docs και του Drive λόγω των εργαλείων συγχρονισμού - διαμοιρασμού που προσφέρει. Στις δυο υπό-ενότητες που ακολουθούν θα δούμε πως ένα αρχείο spreadsheet δίνει την λύση για τον συγχρονισμό μεταξύ των εταίρων στην εφαρμογή.



Εικόνα 12: Διεπαφή Google Drive

3.2.1.1 Google Docs

Τα Google Docs είναι σουίτα εφαρμογών γραφείου και περιλαμβάνει επεξεργαστή κειμένου, εφαρμογή επεξεργασίας υπολογιστικών φύλλων και εφαρμογή παρουσίασης. Ως υπηρεσία SaaS δεν χρειάζεται κάποια εφαρμογή για να χρησιμοποιήσουμε τις εφαρμογές αυτές, αρκεί ένας περιηγητής και μια σύνδεση στο διαδίκτυο. Η βασικότερη και καινοτόμα λειτουργία που προσφέρει είναι η συνεργασία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των χρηστών.



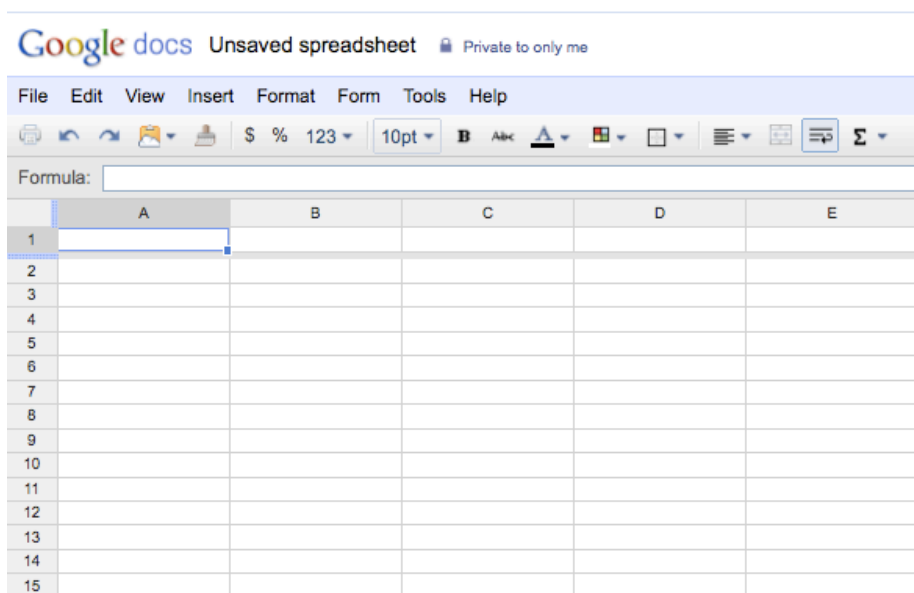
Εικόνα 13: Διεπαφή Google Doc

Μπορούν να επεξεργάζονται ένα έγγραφο από 2 έως 50 άτομα, ενώ μέχρι διακόσιοι μπορούν να είναι θεατές. Η διεπαφή της υπηρεσίας (Εικόνα 13) μας προσφέρει ένα εύκολο τρόπο και ευδιάκριτο τρόπο να βλέπουμε ποιοι είναι οι online χρήστες ανά πάσα στιγμή (awareness) και τι αλλαγές κάνουν σε πραγματικό χρόνο (translucence).

3.2.1.2 Google Spreadsheet ως Διασυνοριακό Τεχνούργημα

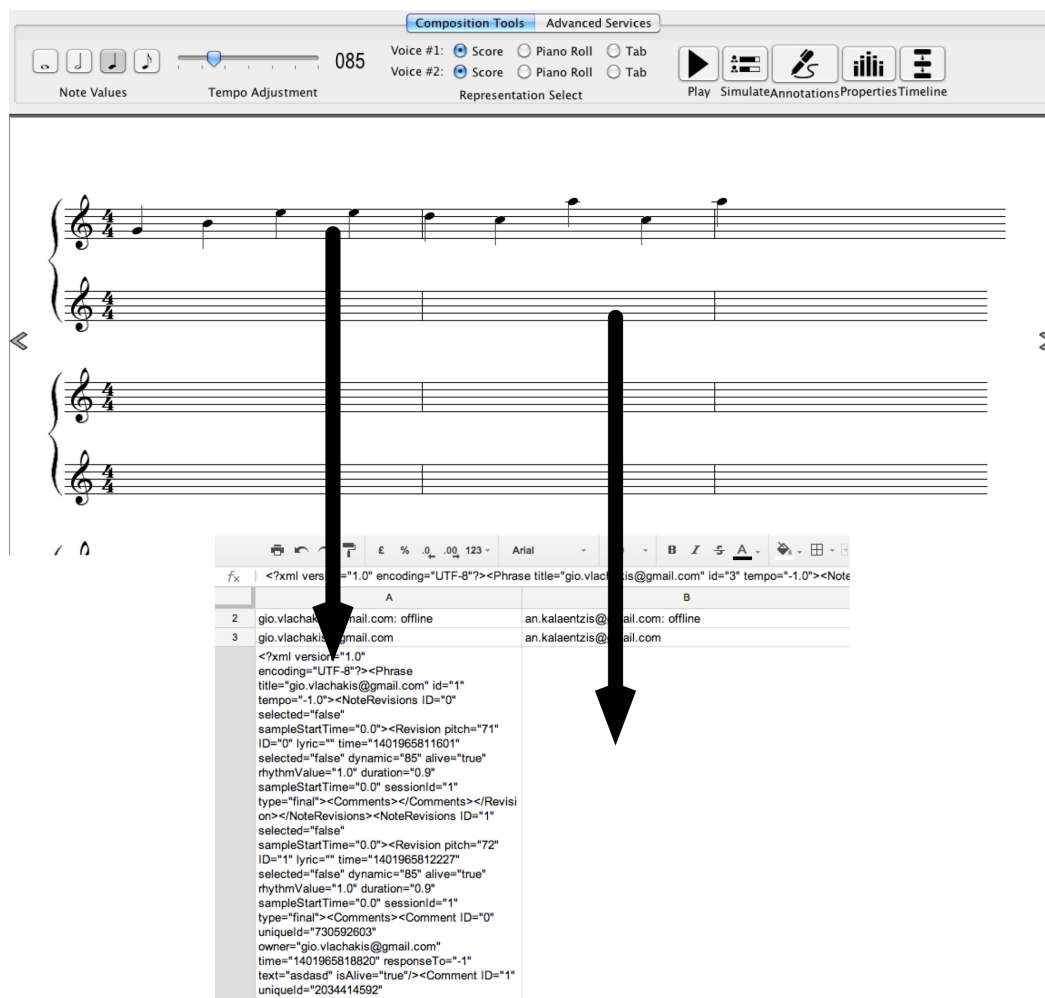
Ως γενική ιδέα το διασυνοριακό τεχνούργημα είναι η συμβίβαση των εννοιών κάποιων αντικειμένων, μεθόδων μεταξύ δυο συμβαλλόμενων ομάδων ώστε η συνεργασία τους να είναι πιο αποτελεσματική. Ως όρος παρουσιάστηκε το 1989 σε μία δημοσίευση από την Susan Star και τον James Greisemer οι οποίοι αναφέρουν [24]: “Τα διασυνοριακά αντικείμενα είναι αντικείμενα τα οποία είναι μεν πλαστικά, ώστε να προσαρμόζονται σε ανάγκες και περιορισμούς των συμβαλλόμενων ομάδων, αλλά ταυτόχρονα ισχυρά ώστε να διατηρείται μια κοινή ταυτότητα.”

Ένα παράδειγμα για την χρήση των διασυνοριακών τεχνουργημάτων στην πράξη είναι η χρήση προσχεδίων (blueprints). Έχουν γίνει ευρέως γνωστά από τους μηχανολόγους για την χρήση τους στην κατασκευαστική διαδικασία ωστόσο χρησιμοποιούνται και από άλλα τμήματα μια εταιρίας όπως λογιστήριο, πωλήσεις και στην αποθήκη [Henderson, 1999 p 86]. Στα πλαίσια της εφαρμογής ως διασυνοριακό τεχνούργημα θεωρούμε ένα αρχείο Excel (Εικόνα 14). Το αρχείο excel είναι γνωστό από την σουίτα Microsoft Office για την οργάνωση και ανάλυση τιμών/δεδομένων σε πίνακες. Οι τιμές μπαίνουν στα κελιά του φύλλου εργασίας και στην συνέχεια μπορούν να γίνουν πολλές πράξεις και αναλύσεις μεταξύ τους.



Εικόνα 14: Διεπαφή Google Spreadsheet

Χρησιμοποιείται από πολλούς οργανισμούς και λογιστήρια σε ισολογισμούς, ανάλυση πωλήσεων κλπ. Στην περίπτωση μας, αξιοποιείται για να αποθηκεύσει σε κελιά του φύλλου εργασίας την μετατροπή των μουσικών παρτιτούρων των εμπλεκόμενων σε MusicXML αναλόγως τον χρήστη και την παρτιτούρα (Εικόνα 15). Στην συνέχεια η Google αναλαμβάνει τον συγχρονισμό του φύλλου εργασίας με τους άλλους χρήστες.



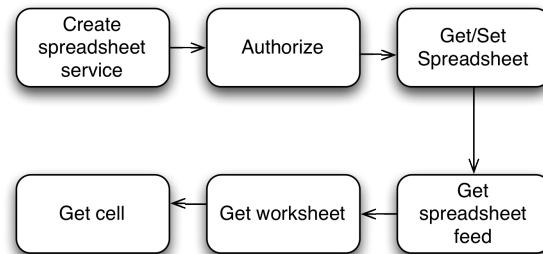
Εικόνα 15: Μετατροπή νότων σε MusicXML

3.1.1.3 API των Google Spreadsheet

Στο API της Google για τα Spreadsheets δίδεται η δυνατότητα πρόσβασης σε κελιά όπου μπορεί να γίνει τροποποίηση τιμών ή εισαγωγή νέων δεδομένων. Σε Java η έναρξη συνεδρίας για την αλληλεπίδραση με το spreadsheet γίνεται με την δημιουργία ενός αντικειμένου Spreadsheet Service και ανοίγει ένα παράθυρο στον περιηγητή όπου ο χρήστης εισάγει το όνομα χρήστη και τον κωδικό του για να γίνει η εξουσιοδότηση με το πρωτόκολλο OAuth2¹. Στην συνέχεια επιλέγεται η δημιουργείται ένα φύλλο εργασίας από το Drive του

¹ <http://oauth.net/2/>

χρήστη. Αφού πλέον έχουμε το αντικείμενο Spreadsheet μπορούμε να αλλάξουμε τις ιδιότητες του φύλλου εργασίας ή να τροποποιήσουμε τα κελιά. Σχηματικά τα βήματα φαίνονται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 16: Spreadsheet workflow

Συνοπτικά μερικές μέθοδοι του Spreadsheet API είναι:

Δημιουργία υπηρεσίας

```
SpreadsheetService service = new SpreadsheetService("AppName");
```

Ανάκτηση φύλλου εργασίας

```
WorksheetFeed worksheetFeed = service.getFeed(spreadsheet.getWorksheetFeedUrl(), WorksheetFeed.class);  
List<WorksheetEntry> worksheets = worksheetFeed.getEntries();  
WorksheetEntry worksheet = worksheets.get(0);
```

Ανάκτηση κελιών και εκτύπωση των δεδομένων

```
for (CellEntry cell : cellFeed.getEntries()) {  
    System.out.print(cell.getCell().getValue());  
}
```

Αρχιτεκτονική Συστήματος

Στην ενότητα αυτή αρχικά θα δούμε κάποια χαρακτηριστικά της εφαρμογής, ως σενάρια, και στην επόμενη υπό-ενότητα θα δούμε πως υλοποιήθηκαν, και γιατί.

Ο χρήστης εκτελώντας την εφαρμογή μπορεί να εργασθεί μεμονωμένα ή συνεργατικά. Στην πρώτη περίπτωση συνθέτει την μουσική αλληλεπιδρώντας με το ψηφιακό πεντάγραμμο που υπάρχει και είτε το αποθηκεύει τοπικά στον υπολογιστή είτε συνδέεται σε λογαριασμό Google που έχει και το ανεβάζει στο νέφος, συγκεκριμένα στο Google Drive. Σε οποιαδήποτε στιγμή μπορεί να αποστείλει πρόσκληση, μέσω της εφαρμογής, σε άλλους χρήστες ώστε να συνεργαστούν στην σύνθεση. Οι συνεργάτες πλέον μπορούν να προσθέτουν ή να τροποποιούν νότες και να αφήνουν σχόλια. Οι αλλαγές των νότων και τα σχόλια αλλάζουν σε πραγματικό χρόνο σε όλους τους χρήστες. Μπορούμε επίσης να δούμε ποιοι χρήστες χρησιμοποιούν την συγκεκριμένη στιγμή την εφαρμογή και ποιοι είναι εκτός σύνδεσης. Κατά την διάρκεια της συνεργατικής σύνθεσης μπορούν οι χρήστες να πραγματοποιούν βιντεοκλήσεις μεταξύ τους μέσω ενός περιηγητή. Όταν τελειώσουν την σύνθεση μπορούν απλά να κλείσουν την εφαρμογή, γιατί δεν απαιτείται κάποια αποθήκευση λόγω του ότι το αρχείο βρίσκεται στο νέφος. Στην περίπτωση που έχει υπάρχει το αρχείο στο νέφος, δηλαδή έχει προηγηθεί συνεργασία, τότε ο χρήστης εκτελεί την εφαρμογή και μέσω της διεπαφής φορτώνει το αρχείο στο οποίο θέλει να συνεχίσει την σύνθεση.

4.1 Το διασυννοριακό τεχνούργημα

Το διασυννοριακό αντικείμενο είναι ένα Spreadsheet το οποίο είναι αποθηκευμένο στο νέφος της Google και συγκεκριμένα στην υπηρεσία Google Drive. Τα δεδομένα μέσα στα κελιά παράγονται από τις εφαρμογές όσων συμπράττουν και αφορούν πληροφορίες για τις μουσικές φράσεις, τα σχόλια και διάφορες άλλες υπηρεσίες των χρηστών. Τα δεδομένα κάθε χρήστη βρίσκονται σε προεπιλεγμένα κελιά τα οποία μόνο αυτός έχει πρόσβαση όπως φαίνεται στην Εικόνα 17. Στην περίπτωση της παρακάτω εικόνας υπάρχουν δυο χρήστες ο an.kalaentzis και ο gio.vlachakis. Ο πρώτος, με την εφαρμογή του, έχει πρόσβαση μόνο στα κελιά που έχουν μπλε φόντο ενώ ο δεύτερος στα πράσινα. Τα κελιά με το πράσινο και μπλε εμπεριέχουν πληροφορίες για τις μουσικές φράσεις τους και είναι σε μορφή MusicXML. Στα κελιά με πορτοκαλί φόντο έχουν πρόσβαση όλοι οι χρήστες με την εφαρμογή τους και περιέχουν πληροφορίες, σε μορφή XML, για το αν είναι συνθέτης ή απλός συνεργαζόμενος.

δημιουργούνται αντικείμενα τα οποία υποστηρίζουν την συνεργατική σύνθεση, ενώ στην δεύτερη υπάρχουν όλα τα εργαλεία τα οποία είναι υπεύθυνα για τον συγχρονισμό των εταίρων. Κύριο χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι ότι δεν χρειάζεται κάποιον διακομιστή για να γίνει ο συγχρονισμός, αλλά υπάρχει ένα boundary artifact το οποίο βρίσκεται στο νέφος, συγκεκριμένα στο Google Drive, ανακτάται από την εκάστοτε εφαρμογή του χρήστη και στην συνέχεια μεταφράζεται από την οντότητα music module σε μουσικές αναπαραστάσεις.

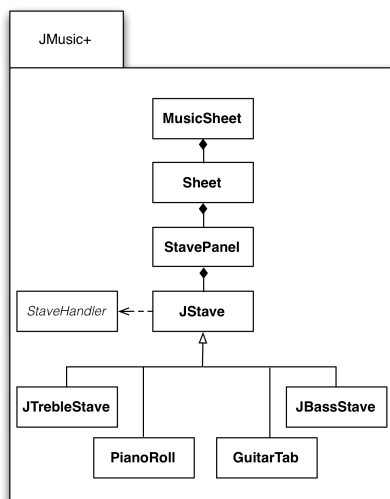
4.2.1 Music Module

Στο πακέτο music module κύριο συστατικό αποτελεί η βιβλιοθήκη JMusic, η οποία έχει επεκταθεί και διευρυνθεί για να υποστηρίξει σε καλύτερο βαθμό την συνεργατική σύνθεση μουσικής καθώς και να είναι πολύ καλή βιβλιοθήκη, όσο αφορά την μουσική σύνθεση και επεξεργασία, αλλά λείπουν βασικά χαρακτηριστικά μιας συνεργατικής εφαρμογής.

Στο αντικείμενο CommentManager υπάρχουν όλες οι απαραίτητες μέθοδοι για να ανακτώνται τα σχόλια που γίνονται από τους εταίρους ενώ στο NotificationManager οι μέθοδοι για να εμφανίζονται οι γνωστοποιήσεις των κινήσεων των άλλων χρηστών.

4.2.1.1 Πακέτο JMusic+

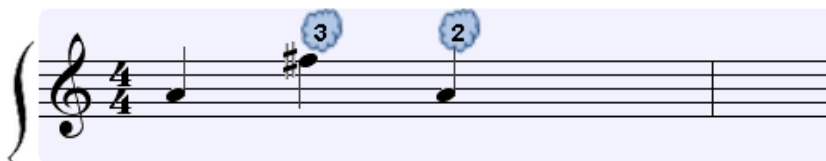
Η δομή του πακέτου αποτυπώνεται σχηματικά στην Εικόνα 19, όπως φαίνεται κύριο αντικείμενο αποτελεί το MusicSheet, το οποίο έχει δημιουργηθεί εκ νέου με αντικείμενα από την βιβλιοθήκη JMusic για να υποστηρίξει προηγμένες λειτουργίες μουσικής σύνθεσης και κοινωνικών χαρακτηριστικών.



Εικόνα 19: Βασική δομή Music Module

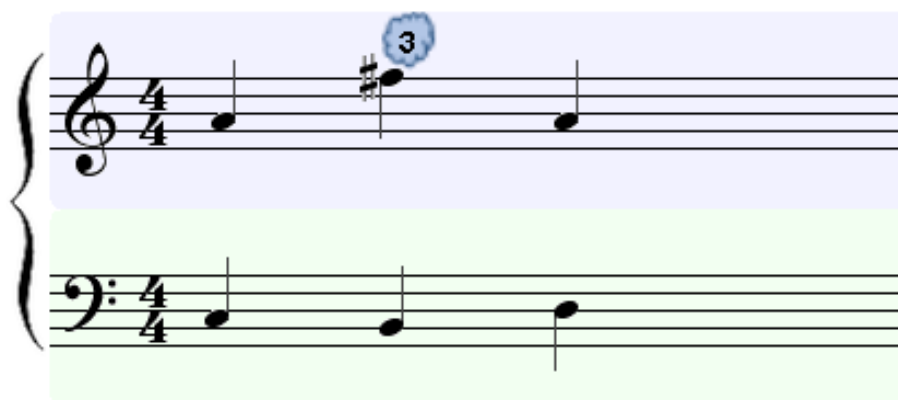
Στο πλαίσιο των κοινωνικών χαρακτηριστικών, συγκεκριμένα έχει προστεθεί awareness (Εικόνα 20) για να έχουν εικόνα οι χρήστες σε τι κατάσταση βρίσκονται οι άλλοι εμπλεκόμενοι. Όταν υπάρχει πρόθεση να γίνει πρόσκληση σε χρήστη να εμπλακεί σε μουσικό έργο, αφού στέλνεται email σε αυτόν, προσθ εται στο MusicSheet το  νομα του και η κατάσταση “**Not Yet Joined**”. Αν δεχθεί την πρόσκληση, ανοίξει δηλαδή το αρχείο που του έχει μοιραστεί μέσω της εφαρμογής, τότε η κατάσταση του αλλάζει σε “**Online**”, αν δεν αλληλεπιδρά με την εφαρμογή για κάποιο χρονικό διάστημα τότε η κατάσταση του αλλάζει σε “**Idle**”  ως  του κάνει κάποια ενέργεια ή την κλείσει για να αλλάξει η κατάσταση σε “**Offline**”.

♪ an.kalaentzis: **Online** ♪ gio.vlachakis: **Not yet Joined**



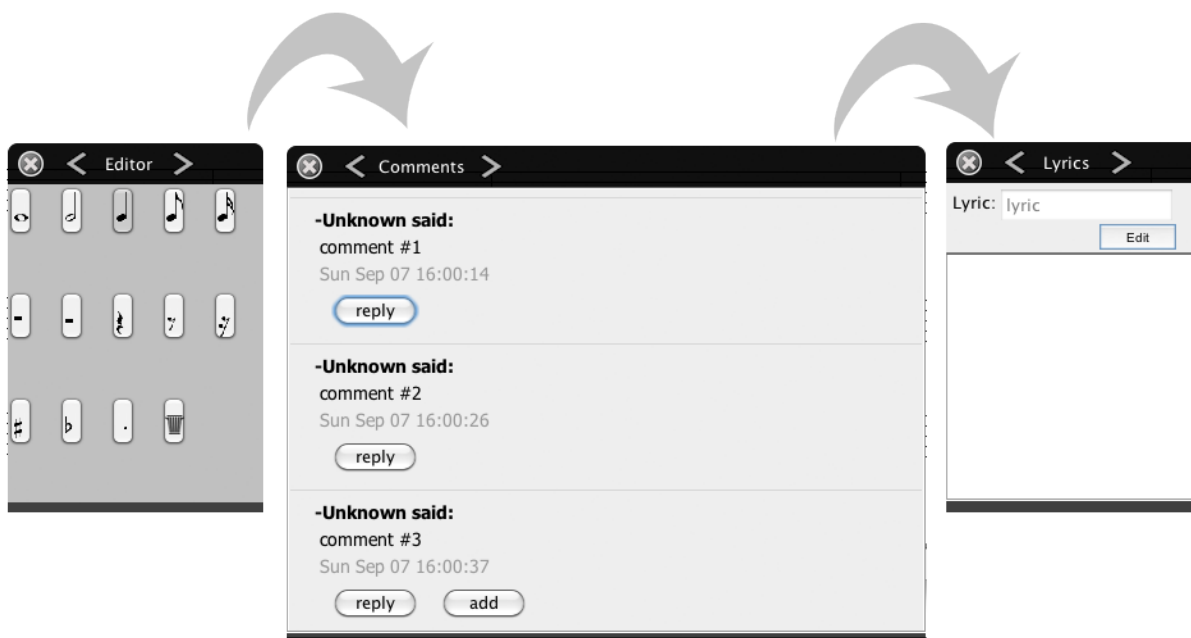
Εικόνα 20: Επίγνωση εταίρων

Στα πλαίσια της συνεργατικής σύνθεσης μουσικής οι εταίροι που εμπλέκονται στο μουσικό  ργο  χουν την δυνατότητα σχολιασμού του κομματιού. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν νέο σχόλιο σε κάθε νότα ή να απαντήσουν σε ένα ήδη υπάρχον. Όταν γίνει ο σχολιασμός ανανεώνεται το σύννεφο πάνω από την νότα με τον αριθμό των σχολίων Εικόνα 21.



Εικόνα 21: Σύννεφο με αριθμό σχολίων

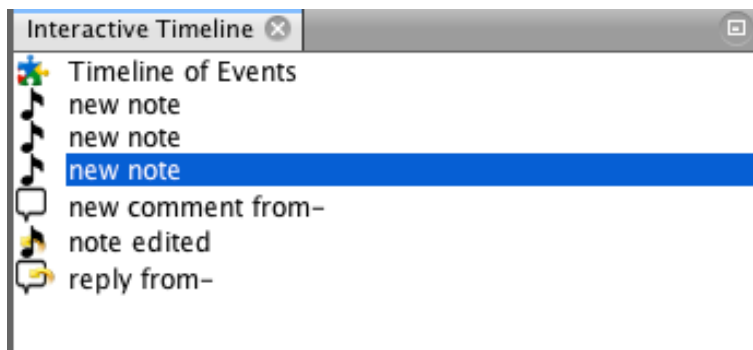
Άλλο ένα αντικείμενο που έχει δημιουργηθεί είναι το ADialog (Εικόνα 22), στην ουσία είναι ένας προσαρμοσμένος διάλογος της βιβλιοθήκης Swing². Έχει τρεις διαφορετικές όψεις: Editor, Comments, Lyric και μπορούμε να αλλάζουμε όψεις πατώντας τα βέλη. Στην όψη Editor μπορούμε να αλλάξουμε χαρακτηριστικά της επιλεγμένης νότας ή να την διαγράψουμε. Στα Comments λαμβάνει χώρα ο σχολιασμός μιας νότας όπου μπορούμε να απαντήσουμε στα σχόλια ή να εισάγουμε νέο σχόλιο. Στην όψη Lyric επεξεργαζόμαστε τον στίχο μιας νότας και μπορούμε επίσης να αφήσουμε σχόλια.



Εικόνα 22: Αντικείμενο ADialog

Για την παρακολούθηση εξέλιξης της σύνθεσης ενός έργου έχει δημιουργηθεί το αντικείμενο Timeline. Κάθε φορά που προσθέτουμε μια νότα, αλλάζουμε τόνο και διάρκεια ή προσθέτουμε σχόλιο η νότα ή το σχόλιο αποθηκεύει την προηγούμενη κατάσταση του. Όταν ανοίξουμε το Timeline δημιουργείται ένα χρονολόγιο με τα γεγονότα που αναφέρθηκαν παραπάνω ταξινομημένα κατά τον χρόνο που έγιναν έτσι μπορούμε να δούμε βήμα-βήμα πως δημιουργήθηκε το μουσικό έργο (Εικόνα 23).

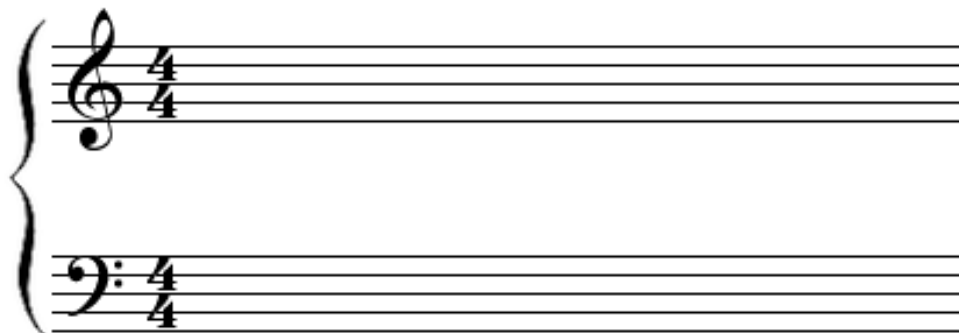
² <http://www.oracle.com/technetwork/java/architecture-142923.html>



Εικόνα 23: Interactive Timeline

Μπορούμε να αποσπάσουμε όμως και άλλες πληροφορίες όσο αφορά τους χρήστες όπως ποιος έχει συνεισφέρει περισσότερο σε ένα έργο, ή ποιος κάνει τα περισσότερα λάθη.

Όσο αφορά την σύνθεση μουσικής κύριο αντικείμενο διάδρασης αποτελεί το StavePanel (Εικόνα 24). Το StavePanel αποτελείται από εμπλουτισμένα αντικείμενα της βιβλιοθήκης JMusic, τα JTrebleStave και JBassStave. Υπάρχει και η δυνατότητα εναλλαγής μουσικών αναπαραστάσεων πχ. σε έναν αρχάριο θα ήταν πιο εύκολη η κατανόηση σε παρτιτούρα παρά η σημειογραφία στο πεντάγραμμο. Για την σύνθεση μουσικής ο χρήστης πατάει πάνω στο πεντάγραμμο όπου θα ήθελε να ήταν ο τόνος της νότας. Αφού εισαχθεί, υπάρχει η δυνατότητα να αλλάξουμε τον τόνο και την διάρκεια της αλληλεπιδρώντας με την νότα.



Εικόνα 24: Αναπαράσταση StavePanel

Την διαχείριση των ενεργειών, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης με τις νότες, της αναλαμβάνει το αντικείμενο StaveHandler που λειτουργεί ως χειριστής σε κάθε πεντάγραμμο.

4.2.2 Collaboration Module

Το πακέτο Collaboration Module ενσωματώνει βιβλιοθήκες της Google κυρίως για την εξουσιοδότηση, συγχρονισμό και την συνεργατική υποστήριξη. Αυτές είναι:

- **Google Drive API**

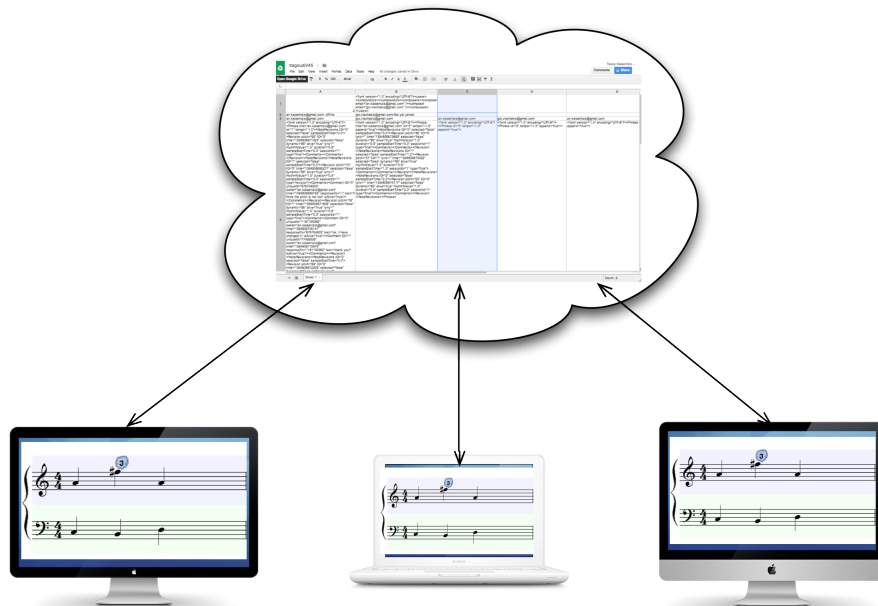
Με την βιβλιοθήκη αυτή μας δίδεται η δυνατότητα να δημιουργούμε νέα αρχεία Spreadsheet, να τα ανεβάζουμε στο νέφος και να τα ανακτάμε αφού πρώτα γίνει η εξουσιοδότηση των χρηστών με το πρότυπο OAuth2. Ενσωματωμένο πλέον στην βιβλιοθήκη αυτή είναι το Spreadsheet API, με το οποίο ανακτάμε και αποστέλλουμε δεδομένα σε συγκεκριμένα κελιά για να είναι εφικτός ο συγχρονισμός των χρηστών.

- **Google Contacts API**

Η βιβλιοθήκη μας επιτρέπει να ανακτάμε email από φίλους μας στο κοινωνικό δίκτυο Google+ και σημαντικότερα να αποστέλλουμε προσκλήσεις σε όσους θα θέλαμε να συμπράξουν στο μουσικό έργο.

- **Google Hangouts API**

Με το Hangouts API μπορούν να πραγματοποιούνται κλήσεις ή βιντεοκλήσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων χρηστών μέσω ενός περιηγητή.



Εικόνα 25: Distributed spreadsheet using Google Spreadsheet API

4.2.2.1 Ανάκτηση δεδομένων από το νέφος

Για την ανάκτηση των δεδομένων υπάρχουν 3 σημαντικά αντικείμενα στο πακέτο Collaboration module: Synchronizer, ChangeDetector και XMLParser. Αρχικά να αναφερθεί ότι είναι σημαντικό σε κάθε συνθέτη να ανήκει ένα από τα δυο πεντάγραμμα του StavePanel (§4.2.1.1) για να μην υπάρχουν επιπλοκές κατά την σύνθεση και την ανάκτηση των δεδομένων. Το ίδιο βέβαια με τα κελιά στο spreadsheet που βρίσκεται στο νέφος, να υπάρχει δηλαδή αντιστοίχιση των Phrases με τα κελιά όπως φαίνεται στην Εικόνα 26.

gio.vlachakis: Offline giannislel: Not yet Joined an.kalaentzis: Online

The image displays a musical score with two staves (treble and bass clef) and a corresponding spreadsheet below it. The spreadsheet contains XML data for MusicXML phrases. Two blue arrows point from phrases in the notation to specific rows in the spreadsheet. The first arrow points from a phrase in the treble staff (labeled '3') to row 1 in the spreadsheet. The second arrow points from a phrase in the bass staff (labeled '2') to row 3 in the spreadsheet. The spreadsheet has columns for 'fx' and 'A'. The XML data includes fields like 'id', 'time', 'pitch', 'dynamic', 'owner', and 'text'.

Εικόνα 26: Σύγκριση πεντάγραμμων με την πληροφορία στο φύλλο εργασίας

Την αντιστοίχιση αυτήν την κάνει η εφαρμογή όταν δημιουργούμε το αρχείο spreadsheet ή όταν το ανακτάμε.

Όσο αφορά τον συγχρονισμό τοπικά στην εφαρμογή τα Phrases (πεντάγραμμα) είναι αποθηκευμένα σε έναν πίνακα hash σε μορφή MusicXML. Όταν ο χρήστης κάνει μια αλλαγή στο πεντάγραμμα του τότε αυτό μεταφράζεται, με την χρήση του *XMLParser*, σε MusicXML και ανανεώνεται το αντίστοιχο στοιχείο του πίνακα, στην συνέχεια μέσω του αντικειμένου *Synchronizer* μεταδίδεται στο νέφος και τροποποιείται αντίστοιχα το κελί στο spreadsheet.

Το αντικείμενο *ChangeDetector* αντλεί συνεχώς δεδομένα από τα κελιά του spreadsheet με την τεχνική “pulling³”. Τα δεδομένα που ανακτώνται συγκρίνονται με τα Phrases της εφαρμογής και αν ανιχνευτεί κάποια αλλαγή τότε η αναπαράσταση του αλλαγμένου Phrase ανανεώνεται.

Παρακάτω δίδεται αποσπασματικά ο κώδικας για την αποστολή και άντληση δεδομένων από το νέφος.

```
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;
}
```

Σχήμα 1: Ανάκτηση Phrases από το Spreadsheet

```
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);
}
```

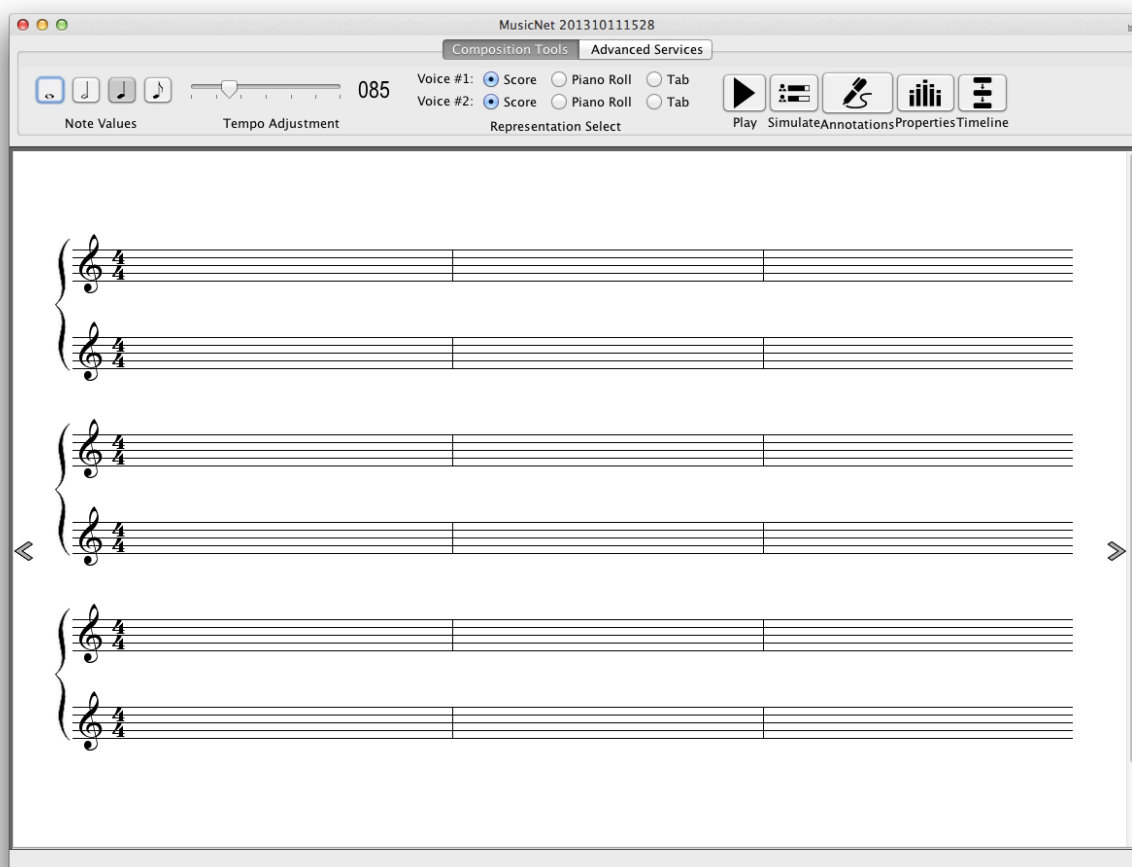
Σχήμα 2: Αποστολή Phrase στο Spreadsheet

³ http://en.wikipedia.org/wiki/Pull_technology

Επίδειξη Συστήματος

Στην ενότητα αυτή θα γίνει επίδειξη της εφαρμογής εκτελώντας ένα πιλοτικό σενάριο σύμπραξης δυο εταίρων. Οι δυο χρήστες έχουν λογαριασμούς στην Google, το οποίο είναι απαραίτητο για την εφαρμογή αν θέλουμε να εργαστούμε συνεργατικά. Τα ονόματα χρηστών είναι: an.kalaentzis και rodin002.

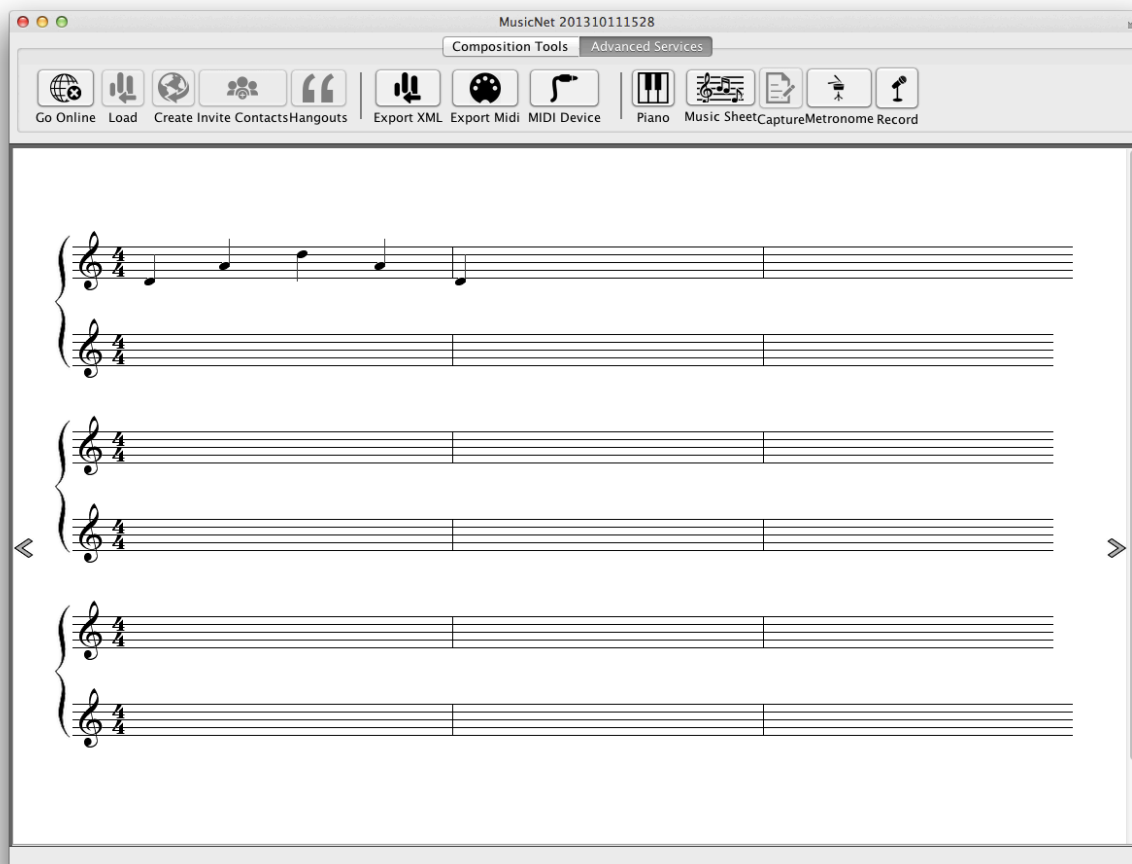
Εκτελώντας την εφαρμογή εμφανίζεται η διεπαφή (Εικόνα 27) η οποία αποτελείται από το ψηφιακό μουσικό τετράδιο και μια εργαλειοθήκη. Το τετράδιο αποτελείται από 3 ψηφιακές κόλλες οι οποίες με την σειρά τους ενσωματώνουν τα πεντάγραμμα και εναλλάσσονται με τα βέλη αριστερά και δεξιά. Στην εργαλειοθήκη υπάρχουν επιλογές, που χωρίζονται σε επιλογές σύνθεσης και προχωρημένες επιλογές, οι οποίες μας βοηθούν στην σύνθεση και την συνεργατική χρήση της εφαρμογής.



Εικόνα 27: Βασική διεπαφή εφαρμογής

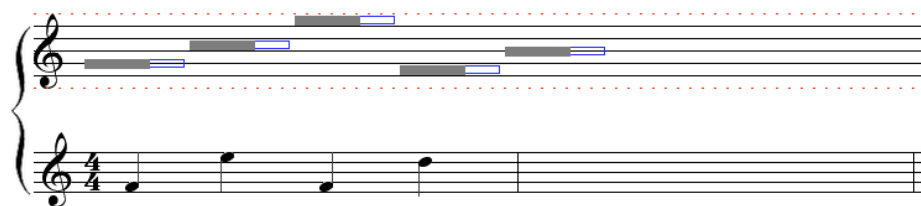
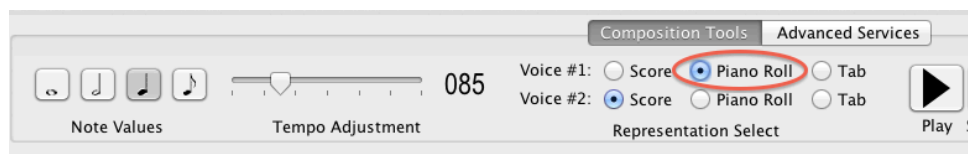
Συνεχίζοντας στο σενάριο ο πρώτος χρήστης, ο an.kalaentzis, προσθέτει μερικές νότες με το ποντίκι. Κατά την διάρκεια της σύνθεσης ο χρήστης μπορεί να αλλάζει μεταξύ

των αναπαραστάσεων. Μπορεί να επιλέξει μεταξύ των Piano Roll και Guitar Tab. Η εναλλαγή αυτή θα μπορούσε να βοηθήσει χρήστες οι οποίοι δεν είναι εξοικειωμένοι με την μουσική σημειογραφία.

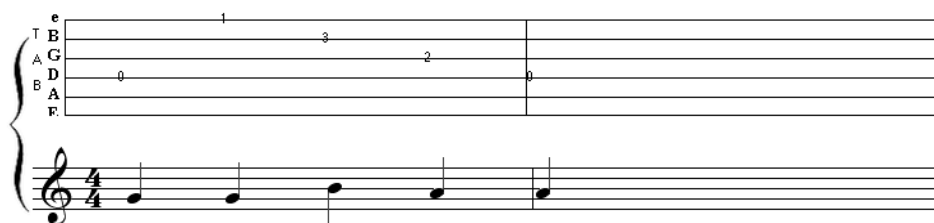


Εικόνα 28: Σύνθεση μουσικού έργου

Στο Piano Roll (Εικόνα 29) οι νότες αναπαριστώνται σε ορθογώνιο πλαίσιο, ενώ το περιεχόμενο του πλαισίου μας δηλώνει την δυναμική της νότας. Στην ταμπλατούρα (Εικόνα 30) οι νότες μετατρέπονται σε αριθμούς και δηλώνουν ποιες χορδές πρέπει να πατήσουμε αν χρησιμοποιούμε την κιθάρα.

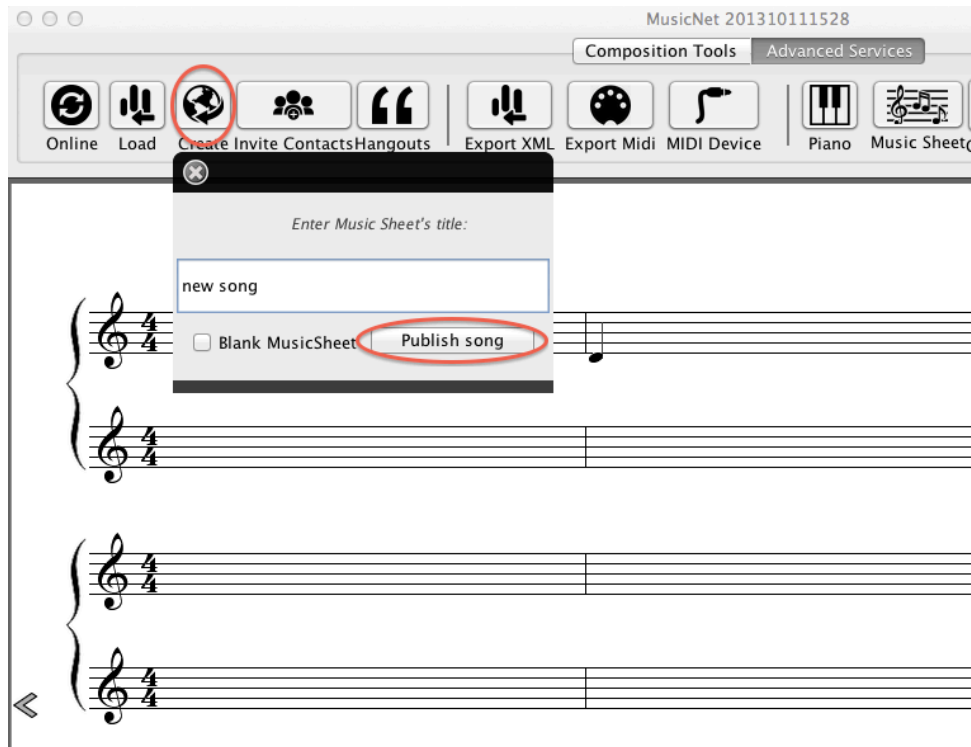


Εικόνα 29: Αναπαράσταση Piano Roll



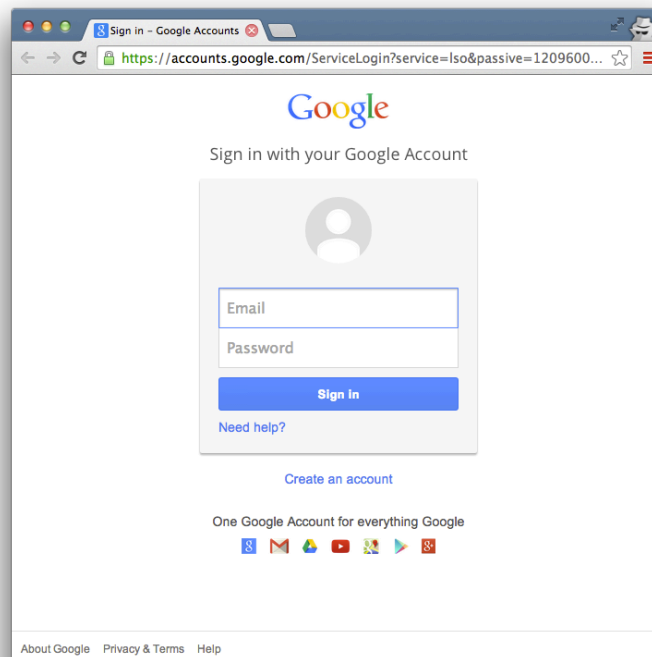
Εικόνα 30: Αναπαράσταση ταμπλατούρα

Ο χρήστης συνεχίζει την σύνθεση έως ότου νιώσει την ανάγκη να συνεργαστεί με άλλα άτομα ή να αποθηκεύσει την δουλειά του στο νέφος. Στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε τις προχωρημένες επιλογές από την εργαλειοθήκη και στην συνέχεια την επιλογή “Create”. Στον διάλογο που εμφανίζεται, όπως φαίνεται στην Εικόνα 31, συμπληρώνουμε το όνομα του έργου που έχουμε επιλέξει και πατάμε την επιλογή “Publish”. Στην περίπτωση που θέλουμε να ξεκινήσουμε την σύνθεση από την αρχή επιλέγουμε το “Blank Music Sheet”. Στην συνέχεια το διασυννοριακό αντικείμενο (φύλλο εργασίας) δημιουργείται τοπικά και συμπληρώνονται τα προεπιλεγμένα κελιά. Στα προεπιλεγμένα κελιά τοποθετούνται πληροφορίες για όλες τις μουσικές φράσεις (Phrases) σε μορφή MusicXML και πληροφορίες για τον συνθέτη σε μορφή XML.



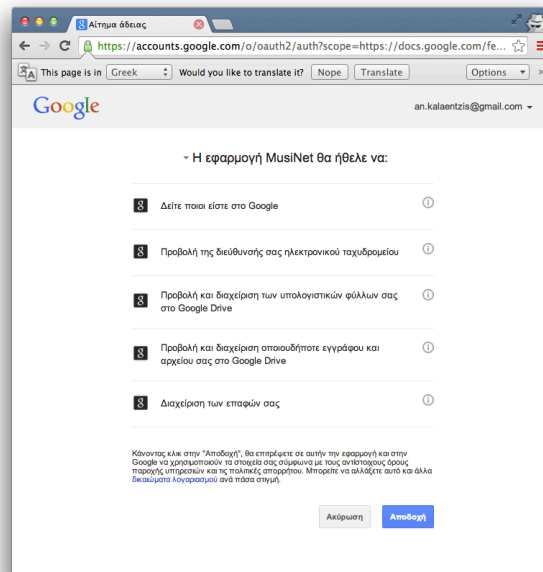
Εικόνα 31: Αποθήκευση μουσικού έργου στο νέφος

Για να αποθηκευτεί το έγγραφο στο νέφος απαιτείται ο χρήστης να εξουσιοδοτήσει την εφαρμογή να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες της Google. Η εφαρμογή ανοίγει ένα παράθυρο περιηγητή όπου ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τα στοιχεία του λογαριασμού του (Εικόνα 32).



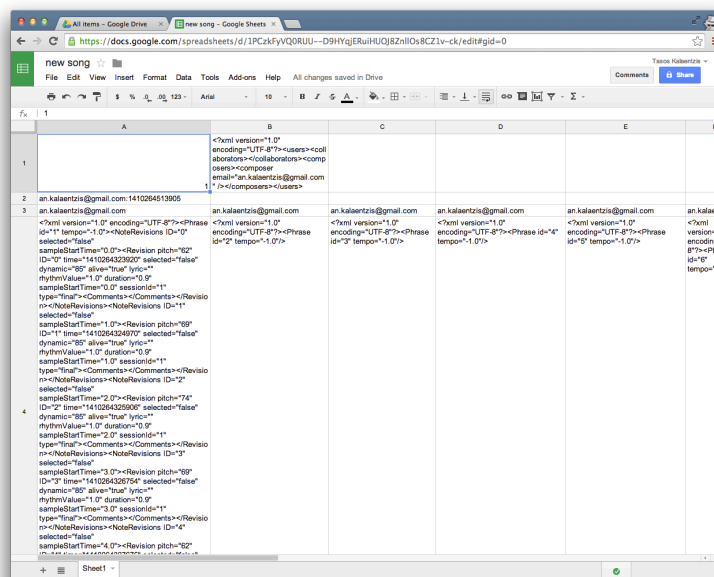
Εικόνα 32: Είσοδος στοιχείων Google Account

Στην συνέχεια ο χρήστης ενημερώνεται για ποιες υπηρεσίες της Google πρόκειται να χρησιμοποιήσει η εφαρμογή και πατάει αποδοχή (Εικόνα 33). Οι άδειες που απαιτεί η εφαρμογή είναι: το όνομα και το email του χρήστη, την διαχείριση εγγράφων στο Google Drive, διαχείριση των υπολογιστικών φύλλων και τέλος την διαχείριση των επαφών του χρήστη.



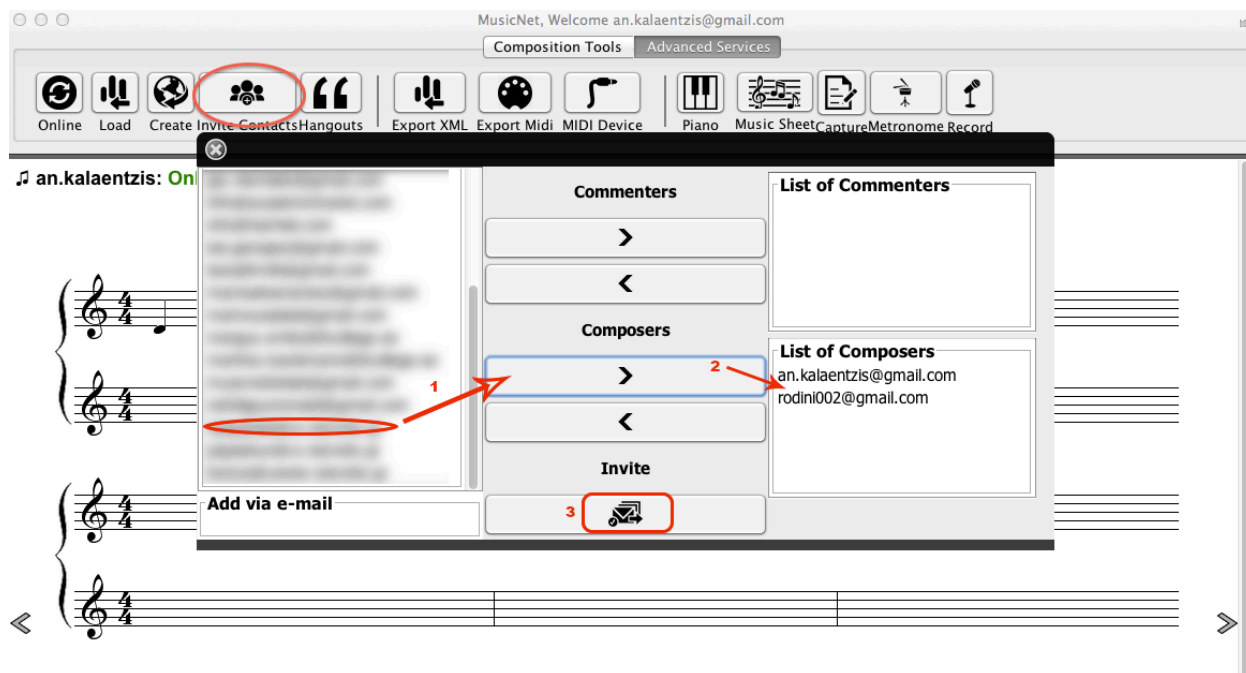
Εικόνα 33: Άδειες εξουσιοδότησης

Αφού εξουσιοδοτήσει ο χρήστης την εφαρμογή το έγγραφο ανεβαίνει στο Google Drive του με τα κελιά συμπληρωμένα όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Στην Εικόνα 34 φαίνεται η μορφή του υπολογιστικού φύλλο από ένα παράθυρο περιηγητή.



Εικόνα 34: Διαισθησιακό αντικείμενο στο Google Drive

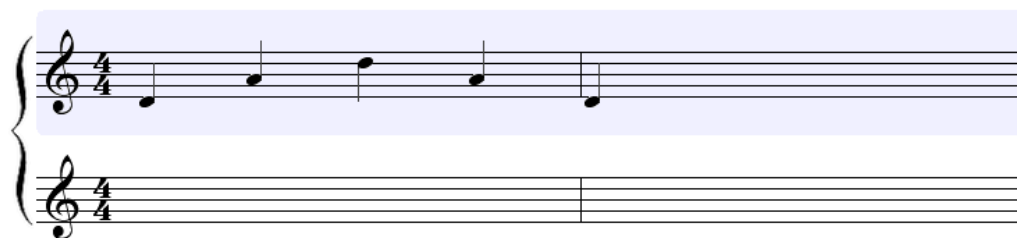
Στην συνέχεια ο χρήστης στέλνει πρόσκληση στον δεύτερο χρήστη πατώντας το “Invite Contacts” από την εργαλειοθήκη. Στον διάλογο που εμφανίζεται υπάρχει μια λίστα με τις πρόσφατες επαφές του χρήστη και από εκεί επιλέγεται το email του δεύτερου χρήστη. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει το email στην λίστα αυτή ο χρήστης το προσθέτει στο σχετικό κουτί κειμένου. Η παραπάνω διάδραση με τον διάλογο αποτυπώνεται στην Εικόνα 35.



Εικόνα 35: Διάλογος πρόσκλησης χρηστών

Ο χρήστης που προσκαλείται να συνεργαστεί λαμβάνει ειδοποίηση στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο του. Έως ότου ο δεύτερος χρήστης αποδεχτεί την πρόσκληση, δηλαδή φορτώσει το έγγραφο από το Drive στην εφαρμογή του, εμφανίζεται η κατάσταση “Not yet Joined” (Εικόνα 36).

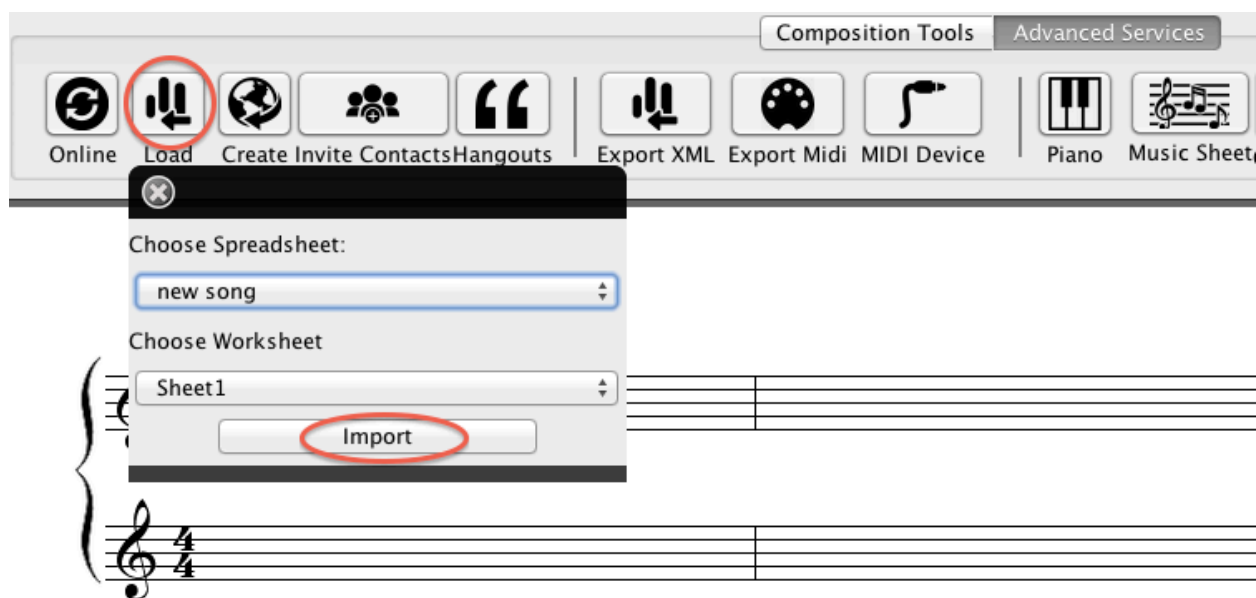
♫ an.kalaentzis: **Online** ♫ rodini002: **Not yet Joined**



Εικόνα 36: Επίγνωση εταίρων

Συνεχίζοντας το σενάριο ο δεύτερος χρήστης επιλέγει να συνεργαστεί οπότε εκτελεί την εφαρμογή του και πατάει την επιλογή “Load”. Αφού εξουσιοδοτήσει και αυτός με την σειρά

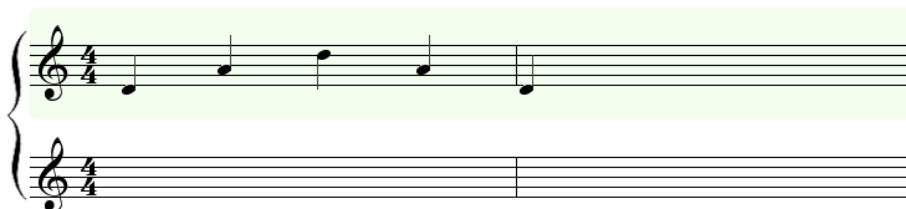
του την εφαρμογή εμφανίζεται ένας διάλογος με λίστα που αποτελείται από όλα τα φύλλα εργασίας που έχει στο Google Drive του. Εκεί βρίσκεται και το φύλλο εργασίας που έχει μοιραστεί από τον πρώτο χρήστη. Όταν λοιπόν πατήσει την επιλογή “Import”, το φύλλο εργασίας αναλύεται και μεταφράζεται σε μουσικές νότες από την εφαρμογή.



Εικόνα 37: Εισαγωγή φύλλου εργασίας από το νέφος

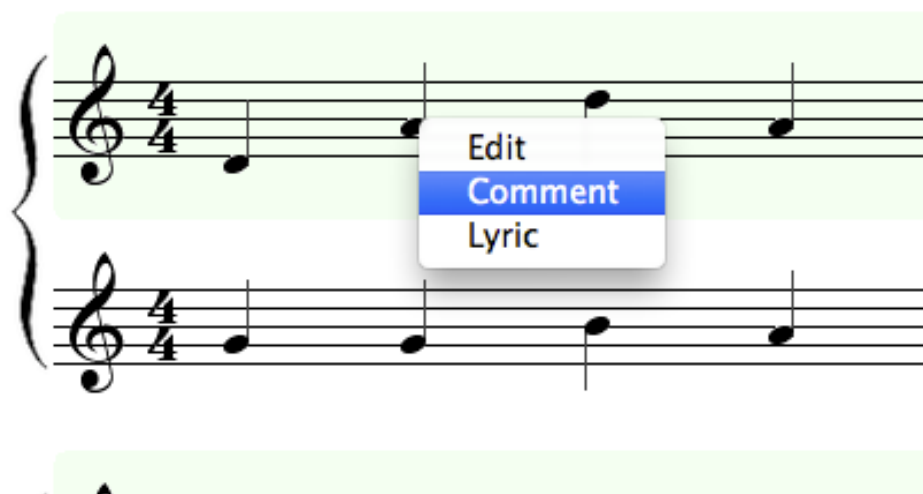
Πλέον ο δεύτερος χρήστης είναι σε σύνδεση και η κατάσταση του αλλάζει σε “Online” ενημερώνοντας τους υπόλοιπους χρήστες στα πλαίσια του awareness. Επίσης τα πεντάγραμμα έχουν διαφορετικό χρώμα δηλώνοντας σε ποια έχει πρόσβαση ο εκάστοτε χρήστης. Στο μπλέ πεντάγραμμο έχει πρόσβαση ο χρήστης της εφαρμογής ενώ στο πράσινο ο εταίρος του. Στην Εικόνα 38 φαίνεται η διεπαφή του χρήστη “rodini002”, ο οποίος έχει πρόσβαση στο δεύτερο πεντάγραμμο.

♪ an.kalaentzis: Idle ♪ rodini002: Online



Εικόνα 38: Επίγνωση εταίρων

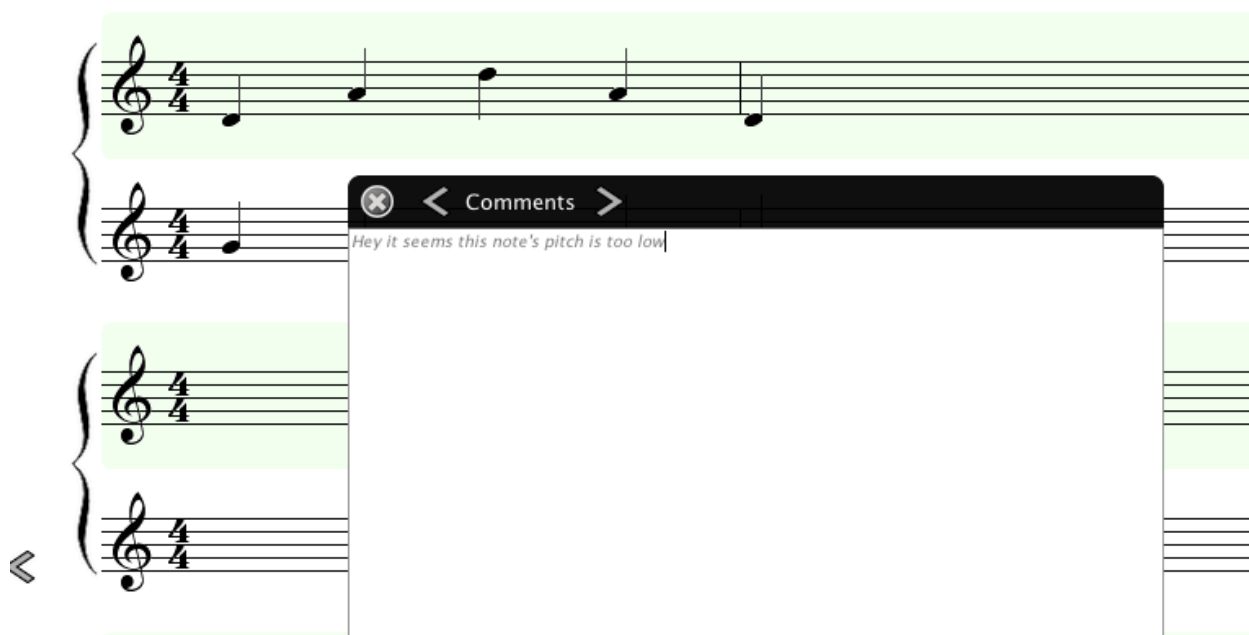
Στο υποτιθέμενο σενάριο ο χρήστης “rodin002” θέλει να σχολιάσει μια νότα γιατί θεωρεί ότι ο τόνος της είναι χαμηλός. Πατάει δεξί κλικ και επιλέγει να σχολιάσει.



Εικόνα 39: Διάλογος επεξεργασίας νότας

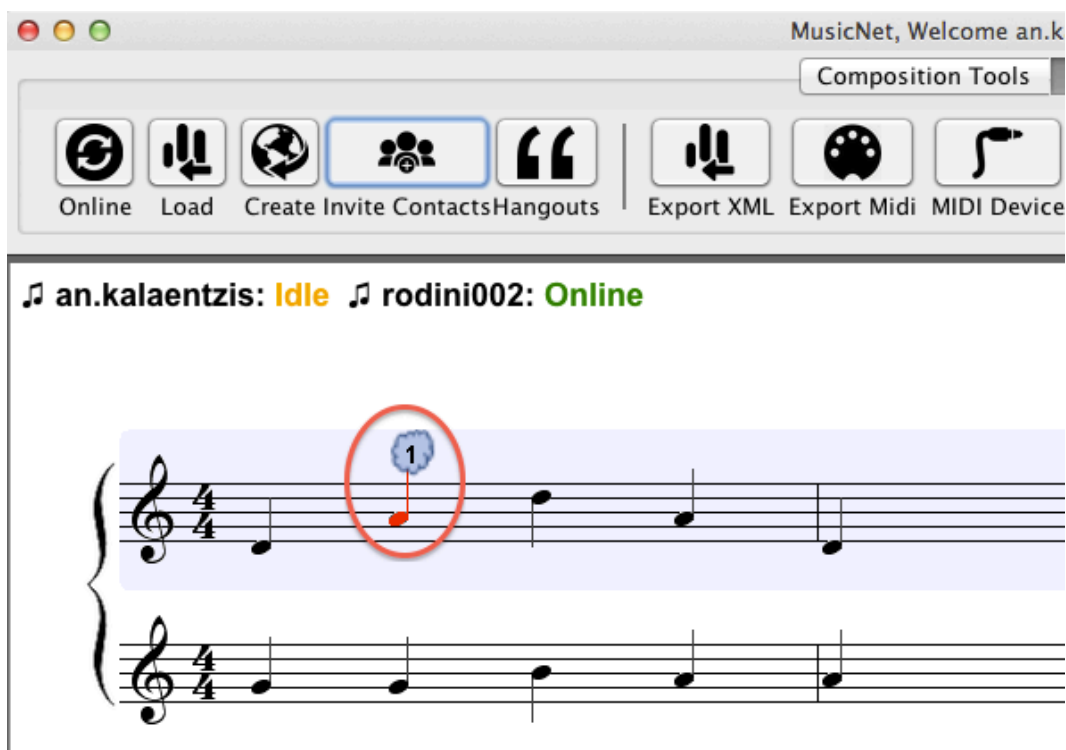
Εμφανίζεται ο διάλογος σχολίων (Εικόνα 40) και ο “rodin002” συμπληρώνει το σχόλιο που θέλει να αφήσει και πατάει το πλήκτρο επιστροφής (enter).

🎵 an.kalaentzis: **Idle** 🎵 rodini002: **Online**



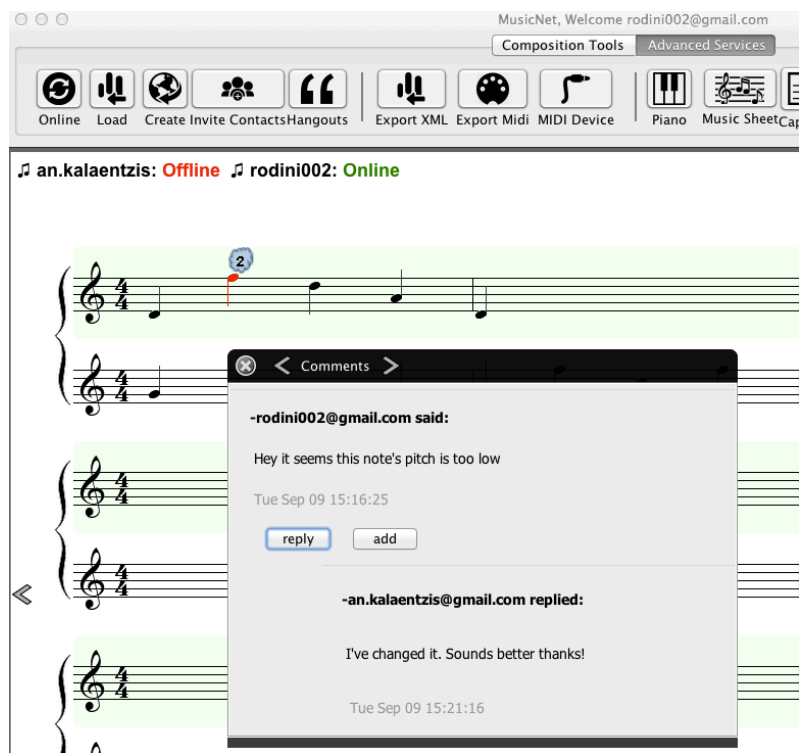
Εικόνα 40: Διάλογος εισαγωγής σχόλιου

Όταν γίνει το σχόλιο στην διεπαφή του “an.kalaentzis” εμφανίζεται σύννεφο με τον αριθμό των σχολίων, καθώς και για μικρό χρονικό διάστημα το χρώμα της νότας αλλάζει σε κόκκινο.



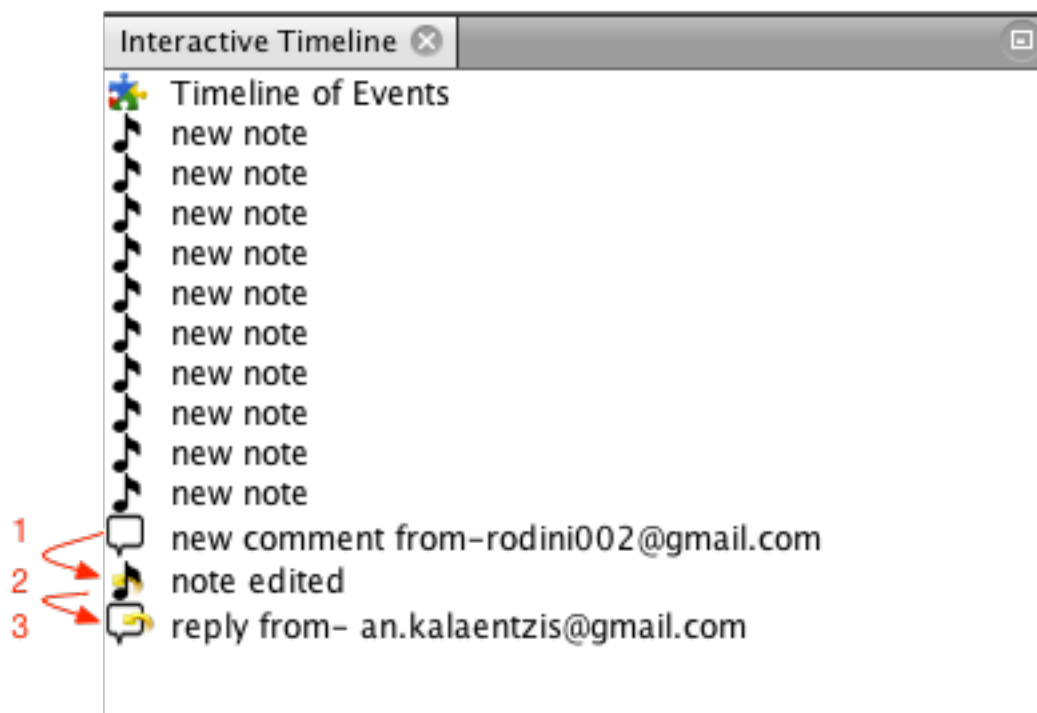
Εικόνα 41: Ενημέρωση ύπαρξης σχολίου

Στην συνέχεια αφού συμφωνεί ο “an.kalaentzis” αλλάζει τον τόνο της νότας και αυτός με την σειρά του αφήνει σχόλιο ευχαριστώντας τον συνεργάτη του. (Εικόνα 42)



Εικόνα 42: Διάλογος σχολίων

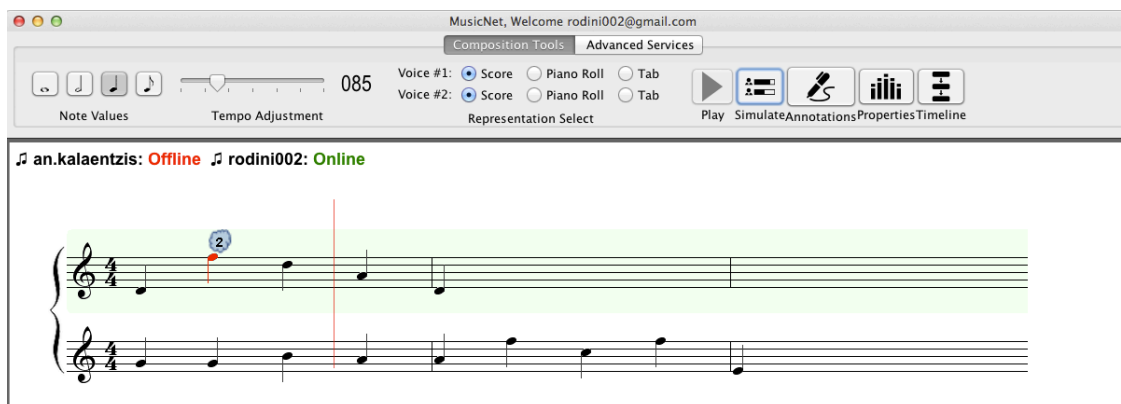
Καθώς εξελίσσεται η σύνθεση καταγράφονται όλες οι αλλαγές και τα σχόλια που αφήνονται. Την εξέλιξη μπορούμε να την δούμε με την επιλογή “Timeline” από την εργαλειοθήκη. Όταν την επιλέξουμε εμφανίζεται παράθυρο σε μορφή χρονολογίου στην διεπαφή με όλες οι ενέργειες που έχουν γίνει. Καθώς επιλέγουμε τα γεγονότα από την λίστα ανανεώνονται τα πεντάγραμμα και εμφανίζουν την κατάσταση τους την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.



Εικόνα 43: Χρονολόγιο γεγονότων

Η αλληλεπίδραση των χρηστών που αναφέρθηκε στην προηγούμενη σελίδα αποτυπώνεται με χρονική σειρά Εικόνα 43. Σε κάθε γεγονός υπάρχουν λεπτομερείς πληροφορίες όπως την ακριβές ώρα που πραγματοποιήθηκε και τον δημιουργό του.

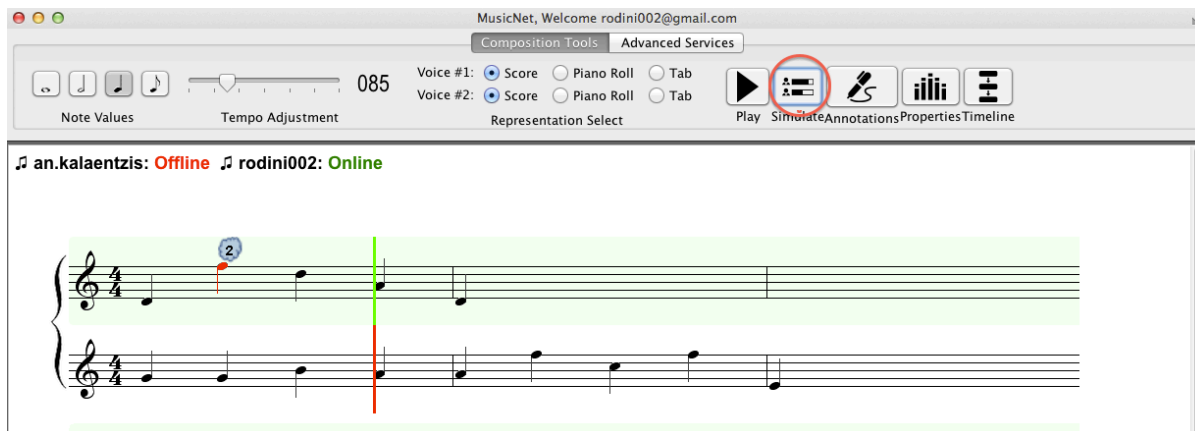
Οι χρήστες μπορούν στην συνέχεια να αναπαράγουν (Εικόνα 44) την σύνθεση τους



Εικόνα 44: Αναπαραγωγή μουσικής

να την αποθηκεύουν σε διάφορα αρχεία όπως midi, MusicXML για να εισαχθεί ίσως σε κάποια άλλη εφαρμογή.

Άλλο ένα χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι η σύγκριση των πεντάγραμμων, η λειτουργία αυτή θα ήταν χρήσιμη σε ένα σενάριο εκμάθησης μουσικής όπου π.χ. ο καθηγητής και ο μαθητής παίζουν σε μουσικό όργανο midi. Καθώς θα παίζανε η εφαρμογή θα κατέγραφε τις νότες που θα παίζανε ως δυο διαφορετικές φωνές, ο καθηγητής στο πρώτο πεντάγραμμο και ο μαθητής στο δεύτερο, στην συνέχεια θα μπορούσε ο καθηγητής να δει σε ποιο σημείο ο μαθητής έχει κάνει λάθος ή σε ποιες νότες δυσκολεύεται. Στην Εικόνα 45 αποτυπώνεται ένα τέτοιο σενάριο.



The screenshot shows the MusicNet software interface. At the top, there's a window title bar with the text "MusicNet, Welcome rodini002@gmail.com". Below it, there are two tabs: "Composition Tools" and "Advanced Services". The toolbar contains several icons: "Note Values", "Tempo Adjustment" (with a slider set to 085), "Voice #1: Score" (selected), "Voice #2: Score" (selected), "Piano Roll", "Tab", "Play", "Simulate" (circled in red), "Annotations", "Properties", and "Timeline". The main area displays two musical staves in 4/4 time. The top staff is labeled "an.kalaentzis: Offline" and the bottom staff is labeled "rodini002: Online". A red vertical line is positioned between the two staves, indicating a comparison point. The top staff has a blue circle with the number "2" above it, and a red vertical line is also present on the top staff at the same position as the one on the bottom staff.

Εικόνα 45: Σύγκριση πενταγράμμων

Επίλογος

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάστηκαν η αρχιτεκτονική και η υλοποίηση ενός συστήματος συνεργατικής μουσικής σύνθεσης αξιοποιώντας τεχνολογίες νέφους.

Πιο συγκεκριμένα, έγινε μια ιστορική αναδρομή στον χώρο της διαδικτυακής μουσικής εκτέλεσης και αναφέρθηκαν τα προβλήματα καθώς και οι απαιτήσεις των συστημάτων αυτών. Για τον σχεδιασμό του συστήματος μελετήθηκαν θεωρίες καταλυτικές για την ανάπτυξη συνεργατικών εφαρμογών και τα χαρακτηριστικά που απαιτούν αυτές. Επίσης παρουσιάστηκαν κάποια βασικά χαρακτηριστικά του cloud computing καθώς και τον διαχωρισμό των υπηρεσιών νέφους που προσφέρουν οι πάροχοι.

Για την λειτουργία του συστήματος, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες τεχνολογίες αιχμής όπως οι βιβλιοθήκες υπηρεσιών της Google. Οι βιβλιοθήκες αυτές προτιμήθηκαν για τα διάφορα πλεονεκτήματα που προσφέρουν όπως: state-of-the-art API με μεγάλες δυνατότητες, η ύπαρξη πολύ μεγάλου ποσοστού προγραμματιστών που τις χρησιμοποιεί ως αποτέλεσμα να υπάρχει πολύ οργανωμένη βιβλιογραφία και μεθοδολογία και τέλος δίδονται για χρήση δωρεάν. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν, Google Drive API, Google Spreadsheet API, Netbeans Platform, την γλώσσα προγραμματισμού Java και την μουσική βιβλιοθήκη JMusic.

Τέλος παρουσιάστηκε ένα πιλοτικό σενάριο μεταξύ δυο εταίρων στα πλαίσια της μουσικής σύνθεσης και είδαμε ότι η εφαρμογή προσφέρει τα περισσότερα χαρακτηριστικά που απαιτούν οι διαδικτυακές εφαρμογές μουσικής εκτέλεσης χρησιμοποιώντας μόνο διασυννοριακά αντικείμενα για τον συγχρονισμό τους.

Βιβλιογραφία

- [1] L. Flavio and P. Roberto Di, "Secure virtualization for cloud computing," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 34, pp. 1113-1122, 2011.
- [2] L. John and W. John, "A case for network musical performance," presented at the Proceedings of the 11th international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video, Port Jefferson, New York, USA, 2001.
- [3] G. Vlachakis, N. Karadimitriou, and D. Akoumianakis, "Using a dedicated toolkit and the cloud to coordinate shared music representations," in *Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2014, The 5th International Conference on*, 2014, pp. 20-26.
- [4] F. Golo and Ilmer, "Electronic, aesthetic and social factors in Net music," *Org. Sound*, vol. 10, pp. 185-192, 2005.
- [5] T. O. Crete. *DIAMOUSES*. Available: <http://www.teicrete.gr/diamouses/>
- [6] W. T. C. Kramer, "SCinet: Testbed for high-performance networked applications," *Computer*, vol. 35, pp. 47-55, 2002.
- [7] Wikipedia. *Networked Music Performance*. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Networked_music_performance
- [8] P. Wilson, *Computer supported cooperative work:: An introduction*: Springer, 1991.
- [9] K. L. Mills, "Computer-supported cooperative work," in *Encyclopedia of library and information sciences (2nd edition)*, 2003.
- [10] Wikipedia, "Collaborative Software."
- [11] 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, pp. 239-290, 1997.
- [12] A. Powell, G. Piccoli, and B. Ives, "Virtual teams: a review of current literature and directions for future research," *ACM Sigmis Database*, vol. 35, pp. 6-36, 2004.
- [13] D. E. Bailey, P. M. Leonardi, and S. R. Barley, "The Lure of the Virtual," *Organization Science*, 2011.
- [14] D. F. Parkhill, *The Challenge of the Computer Utility*: Addison-Wesley Publishing Company, 1966.
- [15] Amazon. *Amazon Web Services*. Available: <http://aws.amazon.com/>
- [16] N. I. o. S. a. Technology. (24 July 2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. Available: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
- [17] C. V. Palisca, "Guido of Arezzo," *Grove Music Online*, ed. L. Macy (accessed June 13, 2007), grovemusic.com (subscription access), 2010.
- [18] K. Stone, "Music Notation In The Twentieth Century: A Practical Guidebook Author: Kurt Stone, Publisher: WW Norton & Company," 1980.
- [19] M. Balaban, "Music Structures-Interleaving the Temporal and Hierarchical Aspects in Music," *Understanding Music With AI*, pp. 110-139, 1992.
- [20] MakeMusic. *MusicXML*. Available: <http://www.makemusic.com/>
- [21] L. L. Costalonga, E. M. Miletto, L. V. Flores, and R. M. Vicari, "Bibliotecas Java Aplicadas a Computação Musical," *Instituto de Informática-UFRGS. SBCM*, 2005.
- [22] R. M. Keller. (2008). *Impro-Visor*. Available: <http://www.cs.hmc.edu/~keller/jazz/improvisor/>
- [23] D. Dihardja. (September 11, 2014). *jm-Etude*. Available: <http://jmetude.dihardja.de>

- [24] S. L. Star and J. R. Griesemer, "Institutional ecology, translations' and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39," *Social studies of science*, vol. 19, pp. 387-420, 1989.

Related Publications not included in the thesis

Vlachakis, G., Kalaentzis, A., and Akoumianakis, D. (2014). Collaborative music composition as Virtual Work across boundaries. Proceedings of TEMU'2014 conference, IEEE Computer Press.

Πίνακας εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1: GROUPWARE MATRIX	4
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ	7
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΜΟΝΤΕΛΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΝΕΦΟΥΣ	8
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΑΞΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ	11
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΠΕΝΤΑΓΡΑΜΜΟ	11
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΠΕΝΤΑΓΡΑΜΜΟ ΜΕ ΜΕΓΑΛΟ ΕΥΡΟΣ ΝΟΤΩΝ	12
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΔΟΜΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΣΗΜΕΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ	12
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ MUSICXML	13
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΕ MUSICXML	13
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΡΧΕΙΟΥ ΣΤΟ ΝΕΦΟΣ	15
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	16
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΔΙΕΠΑΦΗ GOOGLE DRIVE	17
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΔΙΕΠΑΦΗ GOOGLE DOC	17
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΔΙΕΠΑΦΗ GOOGLE SPREADSHEET	18
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΝΟΤΩΝ ΣΕ MUSICXML	19
ΕΙΚΟΝΑ 16: SPREADSHEET WORKFLOW	20
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟ ΤΕΧΝΟΥΡΓΗΜΑ	22
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	22
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ MUSIC MODULE	23
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΕΤΑΙΡΩΝ	24
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΣΥΝΝΕΦΟ ΜΕ ΑΡΙΘΜΟ ΣΧΟΛΙΩΝ	24
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ADIALOG	25
ΕΙΚΟΝΑ 23: INTERACTIVE TIMELINE	26
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ STAVEPANEL	26
ΕΙΚΟΝΑ 25: DISTRIBUTED SPREADSHEET USING GOOGLE SPREADSHEET API	27
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΝΤΑΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΣΤΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	28
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΕΠΑΦΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	30
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ	31
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ PIANO ROLL	32
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΑΜΠΛΑΤΟΥΡΑ	32
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΤΟ ΝΕΦΟΣ	33
ΕΙΚΟΝΑ 32: ΕΙΣΟΔΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ GOOGLE ACCOUNT	33
ΕΙΚΟΝΑ 33: ΑΔΕΙΕΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ	34
ΕΙΚΟΝΑ 34: ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ GOOGLE DRIVE	34
ΕΙΚΟΝΑ 35: ΔΙΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΣΚΛΗΣΗΣ ΧΡΗΣΤΩΝ	35
ΕΙΚΟΝΑ 36: ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΕΤΑΙΡΩΝ	35

ΕΙΚΟΝΑ 37: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΥΛΛΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΝΕΦΟΣ	36
ΕΙΚΟΝΑ 38: ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΕΤΑΙΡΩΝ	36
ΕΙΚΟΝΑ 39: ΔΙΑΛΟΓΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΟΤΑΣ	37
ΕΙΚΟΝΑ 40: ΔΙΑΛΟΓΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΧΟΛΙΟΥ.....	37
ΕΙΚΟΝΑ 41: ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΥΠΑΡΕΧΣ ΣΧΟΛΙΟΥ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 42: ΔΙΑΛΟΓΟΣ ΣΧΟΛΙΩΝ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 43: ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ	39
ΕΙΚΟΝΑ 44: ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ	39
ΕΙΚΟΝΑ 45: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΝΤΑΓΡΑΜΜΩΝ.....	40