

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΔΙΑΧΥΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΗ»

ΜΠΑΝΤΖΗ ΕΛΕΝΗ
Α.Μ. 2894

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	1
<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u>	1
 <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	
Ενσωματωμένη (“Embedding”) έκφραση: Αρχιτεκτονική διάχυτου-μη ορατού-υπολογισμού για την τέχνη και την ψυχαγωγία	
1.1 Εισαγωγή	2
1.1.1 Κίνητρο	2
1.2 Οι ρόλοι του διάχυτου υπολογισμού	3
1.2.1 Γεφύρωση	4
1.2.2 Ιδιοδεκτικότητα	4
1.2.3 Υποστήριξη	4
1.2.4 Στοιχειώδης ρόλος	5
1.3 Εφαρμογή milieu(περιβάλλοντος)	5
1.3.1 Ζωντανή εκτέλεση	5
1.3.2 Θεματική ψυχαγωγία, μουσεία και αρχιτεκτονική	7
1.3.3 Νέα είδη και παιχνίδια	8
1.3.4 Κινηματογράφος, τηλεόραση και «πολυμέσα κινητών τηλεφώνων» ...	9
1.3.5 Παράδειγμα εργαλείου: Επαυξημένο Σύστημα Καταγραφής(Augmented Recording System)	10
1.4 Απαιτήσεις	13
1.4.1 Έννοια του «χρόνου»	13
1.4.2 Έννοια του «χώρου»	14
1.4.3 Ευελιξία διεπαφής	15
1.4.4 Drill-down: Επιτρέπει στα επίπεδα αφαίρεσης να ‘απομακρυνθούν’ .	15
1.4.5 Καθοδηγούμενη εγκατάσταση-ρύθμιση	16
1.5 Προσέγγιση	16
1.5.1 Υποδομή Percom (πλατφόρμες hardware)	17
1.5.1.1 Ibadge	17
1.5.1.2 MK2	19
1.5.1.3 Nerve / Ragobot	19
1.5.2 Υπηρεσίες χρόνου-εκτέλεσης(run-time services)	20
1.5.2.1 Συγχρονισμός χρόνου	20
1.5.2.2 Εντοπισμός	21
1.5.2.3 Περιοχή υπευθυνότητας(region of responsibility-ROR)	24
1.5.3 Τοπικά εργαλεία αλληλεπίδρασης	25
1.5.3.1 Καθοδηγούμενη-‘αυξητική’ ανάπτυξη(GUIDE)	25
1.5.4 Middleware και εργαλεία συγγραφής.....	27
1.5.4.1 Kolo	27
1.5.4.2 Sylph	29
1.5.4.3 Nebesko	30
1.6 Συμπεράσματα	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Διευρυμένη Πραγματικότητα(Augmented Reality-AR)

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
2.2 Εργαλεία AR(AR Components)	33
2.2.1 Γεννήτρια σκηνής(Scene Generator)	33
2.2.2 Σύστημα Εντοπισμού(Tracking System)	33
2.2.3 Απεικόνιση(Display)	34
2.3 AR συσκευές (AR Devices)	34
2.3.1 Optical see-Through HMD	34
2.3.2 Εικονικό σύστημα αμφιβληστροειδούς(VRD)	35
2.3.3 Video see-Through HMD	36
2.3.4 Monitor based AR	37
2.3.5 Projector based AR	38
2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	38
2.4.1 Ιατρική	39
2.4.2 Ψυχαγωγία	40
2.4.3 Στρατιωτική Εκπαίδευση	42
2.4.4 Μηχανική Σχεδίαση	42
2.4.5 Ρομποτική και Τηλερομποτική	43
2.4.6 Κατασκευή, Συντήρηση και Επισκευή	44
2.4.7 AR Συνεργασίας	45
2.5 Θέματα οπτικοποίησης	45
2.5.1 Λάθη οπτικοποίησης	45
2.5.2 Αφαίρεση πραγματικών αντικειμένων από το περιβάλλον	46
2.5.3 Φωτορεαλιστική απόδοση	46
2.6 Συμπεράσματα και μελλοντική εργασία	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σχεδιασμός - Προγραμματισμός Γραφικών για Κινητές Συσκευές

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	48
3.1.1 Ιστορικά	48
3.2 Δύο APIs για δύο περιβάλλοντα	50
3.3 OpenGL ES	52
3.4 M3G	52
3.5 3D στόχοι σχεδιασμού Κινητών	53
3.6 Βασικές Αποφάσεις Σχεδιασμού	56
3.6.1 Το δεκαδικό σημείο: επιδιόρθωση ή διακύμανση	56
3.6.2 Η OpenGL ES λύση	57
3.6.3 Η M3G λύση	57
3.6.4 Fixed-function pipeline	58
3.6.5 Πλήρης επεξεργασία τμήματος	58
3.6.6 Επεξεργασία Batch	59

3.6.7 Βελτιστοποίηση δεδομένων.....	60
3.6.8 Βελτιστοποίηση της διεπαφής	60
3.6.9 Built-in animation engine	61
3.6.10 Ευέλικτο keyframing	61
3.6.11 Χαρακτήρας animation	61
3.6.12 Έλεγχος εφαρμογής	61
3.6.13 Τυποποιημένη μορφή αρχείου	62
3.6.14 Cross-platform window system bindings	62
3.6.15 Ανάμεικτο 2D και 3D rendering.....	62
3.7 Συμπεράσματα	63
3.7.1 Περισσότερες πληροφορίες	63
 <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u>	
Πρωτότυπο Διάχτυου Υπολογισμού στην τέχνη	65
 <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	
	69

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το 1988 ο Mark Weiser, επιστήμονας του ερευνητικού κέντρου PARK της Xerox, εισήγαγε πρώτος τον όρο Pervasive ή Ubiquitous Computing -“Διάχυτος Υπολογισμός”. Σε ελεύθερη απόδοση, ο όρος εκφράζει τον “πανταχού παρόντα” υπολογιστή που θα προσφέρει τις υπηρεσίες του χωρίς ο χρήστης να αντιλαμβάνεται καν την ύπαρξή του. Με μία σύντομη περιγραφή, ο Διάχυτος υπολογισμός εμφανίζεται όταν όλα τα αντικείμενα σε ένα περιβάλλον είναι ενσωματωμένα με μικροεπεξεργαστές με τους οποίους μπορούν να επικοινωνούν όλα μεταξύ τους, να αντιλαμβάνονται το φυσικό τους περιβάλλον και να μπορούν να επαναπροσδιορίζονται στις αλλαγές του. Η επίτευξη του οράματος αυτού απαιτεί να αλλάξουμε την παραδοσιακή νοοτροπία του να υλοποιούμε συστήματα για δική μας χρήση και να πρέπει να προσαρμοστούμε πάνω σ’ αυτά. Αντίθετα, στον κόσμο του Διάχυτου Υπολογισμού, η τεχνολογία θα έχει διεισδύσει σε όλους τους τομείς της καθημερινότητάς μας, θα είναι ενσωματωμένη στα αντικείμενα του περιβάλλοντος μας, ακόμα και στον “αέρα” και θα την χρησιμοποιούμε χωρίς καν να μας γίνεται αντιληπτή.

Η σχέση των ηλεκτρονικών υπολογιστών με τον άνθρωπο από την αρχή της εμφάνισής τους μέχρι σήμερα χωρίζεται σε τρεις «εποχές - κύματα» οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

- στο "πρώτο κύμα", που χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι πολλοί χρήστες μοιράζονταν τον ίδιο υπολογιστή - η εποχή των μεγάλων υπολογιστικών συστημάτων (mainframes). Οι υπολογιστές ήταν ιδιαίτερα ακριβοί και η χρήση τους σχετικά δύσκολη, οπότε απευθυνόταν σε λίγους χρήστες- ειδικούς.
- στο "δεύτερο κύμα" που χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι κάθε χρήστης χρησιμοποιεί το δικό του υπολογιστή - η εποχή των προσωπικών υπολογιστών (personal computers). Οι υπολογιστές είναι σχετικά φθινοί, εύκολοι στη χρήση (ιδιαίτερα με τη διάδοση των παραθυρικών περιβαλλόντων), και χρήσιμοι όχι μόνο για επαγγελματικούς και επιστημονικούς σκοπούς, αλλά, κυρίως λόγω διαδικτύου, και για προσωπικούς σκοπούς.
- στο "τρίτο κύμα", όπου κάθε χρήστης έρχεται σε επαφή με πολλούς υπολογιστές ταυτόχρονα, οι οποίοι μπορεί να είναι ενσωματωμένοι σε αντικείμενα καθημερινής χρήσης, με αποτέλεσμα ο χρήστης συχνά να μην αντιλαμβάνεται ότι αλληλεπιδρά με μια υπολογιστική εφαρμογή.

Σήμερα διανύουμε την δεύτερη εποχή- «κύμα» και μεταβαίνουμε με γοργούς ρυθμούς στην εποχή τρίτου κύματος, χαρακτηριστικό της οποίας είναι η «εξαφάνιση των ηλεκτρονικών υπολογιστών» και η εξ ολοκλήρου υλοποίηση της ιδέας του Διάχυτου Υπολογισμού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σημερινή εποχή ο διάχυτος υπολογισμός έχει υλοποιηθεί κατά ένα μέρος σε εφαρμογές της καθημερινότητάς μας όπως το απλό παράδειγμα των φωτο-αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για το φωτισμό διάφορων χώρων. Βλέπουμε παραδείγματα στο χώρο της τέχνης όπως το να αλλάζει ο φωτισμός με την κίνηση του χορευτή στη σκηνή. Και ολοένα και πιο γρήγορα εξελίσσονται οι κινητές συσκευές, οι οποίες σιγά-σιγά γίνονται όλο και πιο “έξυπνες” και συγκλίνουν στη λογική του διάχυτου υπολογισμού.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια να παρουσιαστεί και να αναλυθεί ο τομέας του Διάχυτου υπολογισμού στην τέχνη και την ψυχαγωγία, να γίνει μια παρουσίαση της τεχνολογίας AR-Augmented Reality και του προγραμματισμού γραφικών για κινητές συσκευές και τέλος παρουσιάζεται ένα απλό πρωτότυπο Διάχυτου Υπολογισμού στην τέχνη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ενσωματωμένη (“Embedding”) έκφραση: Αρχιτεκτονική διάχυτου-μη ορατού-υπολογισμού για την τέχνη και την ψυχαγωγία

1.1 Εισαγωγή

Οι εφαρμογές διάχυτου υπολογισμού, ιστορικά, περιλαμβάνουν την παρακολούθηση περιβάλλοντος(environmental monitoring), την ασφάλεια(security and safety), την παραγωγικότητα σπιτιού και γραφείου και την “καθοδηγούμενη εμπειρία” σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Επίσης προτείνει και προσφέρει τα μέσα για την επίτευξη νέων τύπων έκφρασης στην τέχνη και την ψυχαγωγία, κάτι για το οποίο δεν έχει γίνει σημαντική έρευνα παρά την πολιτιστική, κοινωνική και οικονομική σημασία και τις απαιτήσεις της εποχής. Το παρόν έγγραφο εξετάζει τα κίνητρα και τις απαιτήσεις της αρχιτεκτονικής διάχυτου υπολογισμού για την έκφραση, και παρουσιάζει μια ειδική προσέγγιση που αναπτύσσεται στο UCLA σε συνεργασία των ερευνητικών ομάδων στους τομείς της μηχανικής, του θεάτρου, του κινηματογράφου και της τηλεόρασης.

1.1.1 Κίνητρο

“A valid order accommodates the circumstantial contradiction of a complex reality. It accommodates as well as imposes. It thereby admits ‘control and spontaneity’, ‘correctness and easy’-improvisation within the whole. It tolerates qualifications and compromise.” Robert Venturi, *Complexity and Contradiction in Architecture*[76].

Η δικτύωση κατανεμημένων, ενσωματωμένων(embedded) υπολογιστικών συσκευών – διάχυτος υπολογισμός(pervasive computing)- έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή και έχει γίνει αξιόλογη ερευνητική προσπάθεια την περασμένη δεκαετία. Ο Percom(**P**ervasive **C**omputing-Διάχυτος Υπολογισμός) είχε οραματιστεί για τον μετασχηματισμό της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, της σπιτιού/γραφείου παραγωγικότητας, των εφαρμογών για την υγεία και την ασφάλεια, καθώς και για την υποστήριξη της ψηφιακής «εμπειρίας» των μουσείων και των δημοσίων χώρων. Σε διάφορες αναφορές, επιδιώκει να είναι πανταχού παρόν ubiquitous), διάχυτος(pervasive), μη αντιληπτός(unremarkable), περιρρέων(ambient), ήρεμος(calm), και μαζί απτός και αδιόρατος- πάντα σκοπεύει να είναι λειτουργικός. Ωστόσο, όσο αναφορά την έκφραση είναι επίκαιρη η σκέψη προσέγγισης του υπολογισμού που, όπως η αρχιτεκτονική, πρέπει να εξυπηρετούν τόσο τις λειτουργικές όσο και τις εκφραστικές ανάγκες. Σε κάθε ένα από τα παραδοσιακά πεδία εφαρμογής του, ο Percom έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχει επίγνωση του πλαισίου λειτουργίας του πραγματικού κόσμου. Στην τέχνη και την ψυχαγωγία, είναι αποκλειστική αρμοδιότητα του ειδικού υπαλλήλου η προσπάθεια για τη δημιουργία αυτού του πλαισίου. Ως εκ τούτου, οι σχετικές αρχιτεκτονικές Percom πρέπει να προσαρμόσουν και να επιβάλουν(να επιτύχουν και να προτείνουν) τις νέες λειτουργίες και τις νέες εκφράσεις.

Παρακάτω παρουσιάζεται μία μελέτη για αυτή την προσπάθεια και τα αρχικά αποτελέσματα της συνεργασίας των ερευνητικών ομάδων του NESL(Networked and Embedded Systems Laboratory) και του HyperMedia Studio στο UCLA.

Η άνοδος στη χρήση των προσωπικών υπολογιστών, έδωσε τη δυνατότητα στην εξελιγμένη ψηφιακή αναπαράσταση της εικόνας, του ήχου και του video. Αυτό μετασχημάτισε την ικανότητα για σύλληψη, επεξεργασία, μεταφορά και το output των media. Αλλά τα πλεονεκτήματα των νέων ψηφιακών media δεν αφορούν αποκλειστικά τη νέα λειτουργικότητα που προσέφεραν για το χειρισμό και την κατανομή της πληροφορίας. Προσέφεραν νέες ‘γλώσσες’, παλέτες και διέθεσαν τα εργαλεία για τον υπολογισμό τους[50]. Έπειτα η ανάπτυξη του internet στις πλούσιες χώρες, και πρόσφατα στις λιγότερο πλούσιες

χώρες, διεύρυνε τις ικανότητές μας για δημιουργία, δημοσίευση, επαναχρησιμοποίηση, κριτική και κατανομή, επηρεάζοντας τη συμμετοχή στις πολιτιστικές «εμπειρίες».

Αναμειγνύοντας τις ιδιότητες των media, των φυσικών υλών, και της μηχανής σε φτηνά, πρότυπα εξαρτήματα ο διάχυτος υπολογισμός προσφέρει μία αλλαγή στο ρόλο του υπολογισμού στην καλλιτεχνική έκφραση. Η φύση του PerCom – και του σκοπού του- προτείνει ότι ταιριάζει να αναφερθούμε μεταφορικά στον τομέα της αρχιτεκτονικής. Μπορούμε να σχεδιάσουμε αρχιτεκτονικές διάχυτου υπολογισμού για να εκπληρώσουμε μόνο τους λειτουργικούς σκοπούς , και όπως στα κτίρια, και τα δύο θα ερμηνευτούν σε εκφραστικούς όρους και θα επαναχρησιμοποιηθούν για εκφραστικούς σκοπούς[48][84]. Ή , μπορούμε να σχεδιάσουμε αρχιτεκτονικές, οι οποίες και να εκφράζουν και να υποστηρίζουν την εκφραστικότητα- όπως η σχεδίαση ενός θεάτρου . Δεν θα είναι ουδέτερες, αλλά και θα *προτείνουν* και θα *επιβάλλουν*. Σε ένα θέατρο, οι χρήστες μιας τέτοιας αρχιτεκτονικής θα οικειοποιούνται τη λειτουργικότητά της, θα εκμεταλλεύονται την ευελιξία της, θα ενσωματώνουν την ιδιαίτερη φύση της, εισάγοντας άλλα απαραίτητα στοιχεία, και δημιουργώντας κάτι απρόβλεπτο, πολύπλοκο και μοναδικά εκφραστικό.

Για το πεδίο του PerCom, η υποστήριξη της έκφρασης στην τέχνη και την ψυχαγωγία ως ‘τομέα της εφαρμογής(application domain)’ προτρέπει για νέα έρευνα. Για παράδειγμα, απαιτεί γρήγορο deployment των PerCom συστημάτων από τους τελικούς χρήστες και την ικανότητα να τα χειρίζονται ακόμα και με ελλιπή deployment στα πρότυπα , στις μακέτες και στις δοκιμές.(Νωρίτερη εργασία σε αυτήν την περιοχή περιγράφεται στην ενότητα 5.3.1.). Οδηγεί τις απαιτήσεις της εκτέλεσης: Η ανάπτυξη της NESL που αφορά τον κλιμακωτό, υψηλού ρυθμού δείγματος πολυμερισμό για αντικείμενα και τον «ανθρωποεντοπισμό» (ενότητα 5.2.2.) είναι μερικώς επηρεασμένα από αυτή την εφαρμογή. Προτείνει νέες ανάγκες: Πέρα από τον εντοπισμό, το deployment, και τη συγγραφή των απαιτήσεων των οδηγών συσκευών , ώστε να έχουν περισσότερη εσωτερική γνώση των αισθητήρων και των «ενεργοποιητών(actuators)» που είναι υπό την ευθύνη τους(5.2.3), κάτι το οποίο απαιτείται επίσης για τα μοντέλα κάλυψης στο deployment(5.3.1.). Οι ανάγκες των Middleware(σουίτες λογισμικού) είναι μοναδικές, απαιτώντας και εργασιοκεντρικές γενικεύσεις των υπηρεσιών όπως επίσης και είσοδο στον έλεγχο των συσκευών. Παρακάτω περιγράφεται ένα σύνολο middleware προσεγγίσεων που παρέχουν ένα βασισμένο-στην-υπηρεσία σχήμα με δηλωτικό interface(Sylph, ενότητα 5.4.2), κατανεμημένη διαχείριση καταστάσεων(Nebesco, ενότητα 5.4.3) και απλοποιημένη διασύνδεση των συσκευών για εκφραστικά συστήματα(Kolo ενότητα 5.4.1). Η παρούσα αρχιτεκτονική ενσωματώνει αυτά τα στοιχεία όπως φαίνεται στο σχήμα 1 και θα συζητηθεί με λεπτομέρειες στην ενότητα 5.

1.2. Οι ρόλοι του διάχυτου υπολογισμού

Αντί να έχουμε ως στόχο ένα μονολιθικό «σινεμά του μέλλοντος»[39] ή την Piscator θεατρική «παιχνιδο-μηχανή»[59], μία κατάλληλη αρχιτεκτονική προσέγγιση θα μπορούσε να εξελιχθεί σε ένα συνετό σύνολο πρότυπων στοιχείων, πρωτοκόλλων και τεχνικών. Καθώς ειδικά PerCom συστήματα θα αναπτυχθούν για εκφραστικούς σκοπούς, είναι επίσης πιθανόν ότι υπαρκτά δίκτυα θα μπορούσαν να συμπληρωθούν ή να εφοδιαστούν δυναμικά ώστε να υποστηρίζουν τους εκφραστικούς σκοπούς. «Τίθασειούνται» το πρότυπο που έχει οραματιστεί για τα μοντέρνα διάχυτα συστήματα, και παρέχοντας ευέλικτες προσεγγίσεις για την ανάπτυξη και διαμόρφωσή τους, οι Percom τεχνολογίες μπορούν να παίξουν διαφορετικούς ρόλους: μπορούν να διευρύνουν τα παραδοσιακά συστήματα ελέγχου λειτουργώντας ως ευφυής γέφυρες σε τυπικά μη-συνδεδεμένες συσκευές. Μπορούν να βελτιώσουν την υγεία και τις επιδόσεις των συστημάτων παραγωγής, ως **δέκτες αισθητικών ερεθισμάτων(«ιδιοδέκτες»)** ή, ως **βοηθοί**, επεκτείνοντας την εμβέλεια, την ακρίβεια και τη δυνατότητα ανταπόκρισης των εν λόγω συστημάτων και των χρηστών τους. Τέλος, να μπορούν να ενεργούν άμεσα ως εγγενή **στοιχεία** υπεύθυνα, για τις νέες σχέσεις ακροατηρίου-εργασίας- καλλιτέχνη.

1.2.1. Γεφύρωση

Ο ρόλος της γεφύρωσης PerCom απαντά το ερώτημα του «πώς μπορεί κανείς να πάρει (ένα σύστημα ή φαινόμενο) Α ώστε να επιρρεάσει (ένα σύστημα ή φαινόμενο) Β». Η δημιουργία διεπαφών για ένα συγκεκριμένο σύστημα παραγωγής, κτιρίων και βιομηχανικών συστημάτων που ικανοποιούν κατά κύριο λόγο τις προκλήσεις υλοποίησης, αν και είναι εκτός του πεδίου πολλών καλλιτεχνών, δεν προτρέπει άμεσα για νέα Percom έρευνα. Ωστόσο, οι υπάρχουσες αρχιτεκτονικές λογισμικού για τη διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων ελέγχου στο πλαίσιο του διάχυτου υπολογισμού έχουν ακατάλληλες γενικεύσεις για τα υψηλού επιπέδου σχεδιασμένα φυσικά περιβάλλοντα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Αισθητικά, σχετικές παράμετροι του ελεγχόμενου συστήματος, θα πρέπει να εκτίθενται με απλή σημασιολογία και ισχυρή απόδοση[13,57]. Αυτοί και άλλοι περιορισμοί είχαν επίσης ως αποτέλεσμα πολύ λίγα interfaces μεταξύ των Percom συστημάτων και των τυπικών συγγραφικών εργαλείων τεχνών, όπως το Macromedia Flash ή ο Director[49] και το Cycling 74's Max/MSP[22]. Αντίθετα, απλές διεπαφές αισθητήρων, όπως το Ezio[28], έχουν διεισδύσει στους καλλιτεχνικούς πειραματισμούς επειδή παρέχουν γέφυρες σε τέτοιο λογισμικό, αν και απλά μόνο «πείραζαν» τη διαθέσιμη διεπαφή στις υπάρχουσες ερευνητικές πλατφόρμες PerCom.

1.2.2. Ιδιοδεκτικότητα

Ο ρόλος της ιδιοδεκτικότητας PerCom επεκτείνει άμεσα την παρακολούθηση, ενός βασικού ιστορικού κίνητρου των δικτύων αισθητήρων, για τη στήριξη του συστήματος υγείας και ψυχικής ισορροπίας, για την εξασφάλιση της ακρίβειας και της επαναλαμβανόμενης εκτέλεσης σε ένα καταναμημένο σύστημα ελέγχου. Για την animated ταινία μεγάλου μήκους Polar Express (2004) σε σκηνοθεσία του Robert Zemeckis, το πολύπλοκο περιβάλλον (64 υπέρυθρες κάμερες σε ένα Vicon σύστημα καταγραφής κίνησης[77]) απαιτούσε χειροκίνητη ρύθμιση(calibration) τρεις φορές την ημέρα σε μια σταθερή εγκατάσταση[37]. Η ικανότητα των Percom συστημάτων να αυτό-συντονίζονται θα ενθαρρύνουν την ευρέως διαδεδομένη χρήση τους στην έκφραση, ενώ ο τομέας των δοκιμών θα προτείνει τη νέα έρευνα που απαιτείται με σεβασμό στο απευθείας και διαδραστικό καλιμπράρισμα(calibration). Αυτός ο ρόλος δεν είναι απαραίτητα μέσα στα πλαίσια του ελέγχου παραγωγής εμπειρίας σε ένα ακροατήριο. Μάλλον, προσπαθεί να διασφαλίσει τη σταθερότητα και τις επιδόσεις των συστημάτων ελέγχου που επηρεάζουν άμεσα την εμπειρία.

1.2.3.Υποστήριξη

Σε υποστηρικτικό ρόλο, οι Percom τεχνολογίες, παρέχουν «εργασιοκεντρικές»(task-oriented) human - network (ανθρώπου-δικτύου) διεπαφές για να βοηθήσουν τους χρήστες στις διαδικασίες «καλλιτεχνικής» παραγωγής. Επίσης, δεν χρειάζεται να είναι στο κέντρο της τελικής εμπειρίας και γι' αυτό μπορούν να λειτουργήσουν αναδρομικά, συμμετέχοντας στην ανάλυση του τί έχει ήδη συμβεί, ή εκ των προτέρων, σχεδιάζοντας τι θα συμβεί, όπως επίσης παρέχοντας τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Ένα παράδειγμα από την παραδοσιακή παραγωγή είναι οι υπέρυθρες κάμερες που χρησιμοποιούνται για την λήψη των ηθοποιών σε σκοτεινούς χώρους. Ένα ανάλογο PerCom σύστημα θα μπορούσε να εντοπίζει τη θέση διάφορων προσώπων, και επίσης να συγκρίνει τις θέσεις με αυτές που έχουν μετρηθεί από προηγούμενες δοκιμές. Τέτοια επιτεύγματα έχουν συχνά μοναδική οπτική απεικόνιση και οι διεπαφές χρηστών αποτελούν πρόκληση, λόγω της δυναμικής, χρονικά περιορισμένης φύσης της παραγωγής περιβαλλόντων. Έχουν πολλά κοινά με την έρευνα πάνω στην επαυξημένη πραγματικότητα(Augmented Reality). Επίσης μπορούν να είναι ο πρόδρομος των συστημάτων με πραγματικά μοναδική έκφραση.

1.2.4. Στοιχειώδης ρόλος

Σε στοιχειώδη ρόλο ο Percom είναι άμεσα υπεύθυνος για την πρόταση και την επίτευξη μιας μοναδικής εκδήλωσης της έκφρασης που βιώνουν οι θεατές ή οι συμμετέχοντες. Είναι ενεργά στο κέντρο της εμπειρίας του «τελικού χρήστη», προκαλώντας κάτι να συμβεί ή επιτρέποντας σε κάτι να γίνει εμπειρία (προβολή εικόνας, σωματική ενεργοποίηση, ήχος, ενημέρωση ιστοσελίδας ή ένα άλλο φαινόμενο). Αυτοί είναι οι πιο σημαντικοί ρόλοι και προκλήσεις που προκύπτουν από τη σύνθεση των εκφραστικών στόχων με τις δυνατότητες του συστήματος. Ο καλλιτέχνης David Rokeby γράφει: «Ενώ οι μηχανικοί μοχθούν να διατηρήσουν την ψευδαίσθηση του σλάιντ στο σχεδιασμό και να τελειοποιήσουν τις media τεχνολογίες, οι καλλιτέχνες εξερευνούν το νόημα της ίδιας της διασύνδεσης, χρησιμοποιώντας τους διάφορους μετασχηματισμούς των media ως παλέτα τους»[62]. Για να αντιληφθούμε τις συσκευές PerCom ως εργαλεία και υλικά θα μεταβάλλουμε περαιτέρω το πεδίο της υπόσχεσης για εκφραστικότητα σε πραγματικότητα. Πέρα από τις τεχνικές απαιτήσεις, που περιγράφονται στην ενότητα 4, πρέπει να δοθεί προσοχή σχετικά με τα νέα εργαλεία που παρέχονται καθώς δεν προσφέρονται πολλοί εναλλακτικοί τρόποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν[57].

1.3. Εφαρμογή milieu (περιβάλλοντος)

Σε όλους τους ρόλους του, ο Percom συμβάλλει στην ασφάλεια της ψηφιακής και φυσικής κυριαρχίας. Λόγω των ψηφιακών media, αυτή η τομή είναι ήδη αναπόσπαστο και δημοφιλές κομμάτι της νέας τέχνης, είτε με τη ζωντανή εκτέλεση(Ενότητα 3.1), είτε με θέμα την ψυχαγωγία και την αρχιτεκτονική(Ενότητα 3.2), είτε με τα νέα είδη(Ενότητα 3.3) ή με τις ταινίες(Ενότητα 3.4). Μία κατάλληλη αρχιτεκτονική Percom θα λάβει υπόψη της τις τρέχουσες προσεγγίσεις, σε συνεργασία με τις υπάρχουσες προκλήσεις, για να καταστεί δυνατή, η αδύνατη κατά το παρελθόν επίτευξη της έκφρασης.

1.3.1. Ζωντανή εκτέλεση

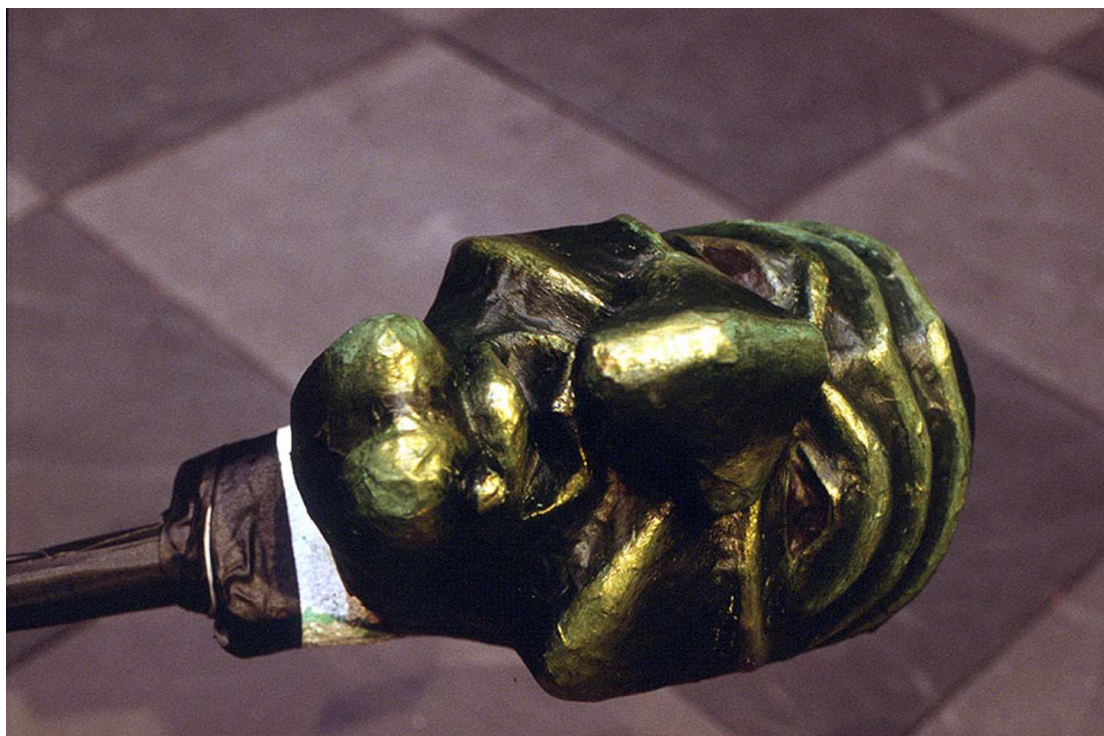
Ο πρώτος τομέας εφαρμογής που αναφέρουμε, η ζωντανή εκτέλεση, περιλαμβάνει το θέατρο, το χορό, τη μουσική και πολλά άλλα είδη. Τα έργα αυτά συνεχώς επαναλαμβάνονται και συντονίζονται από τους ειδικούς, μερικές φορές για χρόνια, ενώ συχνά γίνονται παραστάσεις μόνο μία φορά για ένα συγκεκριμένο ακροατήριο. Χαρακτηρίζονται από τον εξ ολοκλήρου αυτοσχεδιασμό έως την αυστηρότατη δόμηση, προσφέροντας απαιτητικούς ρόλους για διάχυτο υπολογισμό. Οι καλλιτέχνες του θεάτρου και του χορού, καθώς και οι μουσικοί, ενώ ήδη έχουν εμπλουτίσει τις παραστάσεις τους με media πάνω στη σκηνή, χρησιμοποιούν επίσης ψηφιακά συστήματα για την αναπαραγωγή, τον έλεγχο και το χειρισμό του ήχου, του φωτισμού, και της προβολής. Επίσης, έχουν πειραματιστεί με αισθητήρες σε διάφορες εφαρμογές. Στην περίφημη χορογραφία του, ο Merce Cunningham στο κομμάτι biped (1999), χρησιμοποίησε τη σύλληψη κίνησης εντελώς διαφορετικά σε σχέση με τον περισσότερο εξοικειωμένο Robert Zemeckis στη ταινία Polar Express (2004). Για εντυπωσιακό αποτέλεσμα, ο M. Cunningham αντιπαραθέτει ζωντανά τους χορευτές με την προβολή μη-φωτορεαλιστικών απεικονίσεων, που δημιουργήθηκαν από παλαιότερες λήψεις παραστάσεων. Έργα όπως και του Merce Cunningham έχουν αναπτύξει το ενδιαφέρον, στο πεδίο των παραστάσεων, πάνω στο markerless tracking και άλλα ανέφικτα κατά το παρελθόν πεδία της έρευνας, τα οποία θα υποστηριχθούν από τις υποδομές του διάχυτου υπολογισμού και έχουν εξερευνηθεί από τον Sparacino[70] και άλλους.

Στο UCLA, έχουν χρησιμοποιηθεί συστήματα αισθητήρων για τη δημιουργία-ανέφικτης διαφορετικά- τεκμηρίωσης των δοκιμών. Ένα παράδειγμα είναι η διαγραμματική απεικόνιση της κίνησης ενός ερμηνευτή[11]. Αυτή η μελέτη οδήγησε σε περαιτέρω έρευνα για τη δημιουργία δυναμικών χώρων παραστάσεως, οι οποίοι γεφυρώνουν την λειτουργία των αισθητήρων με την εκτεταμένη τεχνική υποδομή των μοντέρνων θεάτρων και τονίζουν μία συναρπαστική δυνατότητα που παρέχεται από τον Percom. Μεγάλες παραγωγές μπορούν να χρησιμοποιήσουν εκατοντάδες εξατομικευμένα εξαρτήματα για φωτισμό, πρόσθετα

αυτοματοποιημένο σύστημα φωτισμού με RGB μείξη χρώματος, ένταση, έλεγχο κίνησης pan(οριζόντιας) και tilt(κάθετης). Όπως επίσης πολλούς speakers, ασύρματα μικρόφωνα, προβολή και κινητικά συστήματα. Όταν ένας τέτοιος εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος με βασισμένα σε Percom συστήματα παρακολούθησης χρησιμοποιώντας την κατάλληλη αρχιτεκτονική προσέγγιση, αναδύονται νέες δυνατότητες για δυναμικό σχεδιασμό σκηνής.

Οι εικόνες 2 και 3 δείχνουν μια εμπορική συσκευή εντοπισμού ενσωματωμένη σε πρόσωπο μάγισσας από την θεατρική παραγωγή Macbett το 2001. Αυτό το κομμάτι έγινε αντικείμενο πειραματισμού για τον εντοπισμό των ερμηνευτών και των σκηνικών στοιχείων, χρησιμοποιώντας δεδομένα κίνησης για να επηρεάσουν τα στοιχεία σχεδιασμού που ελέγχονται μέσω γεφύρωσης με μεγάλης κλίμακας εξοπλισμό σε «πραγματικό χρόνο»[10]. Αναπτύχθηκαν εργαλεία για τη δημιουργία απλής, στοιχειώδους σχέσης μεταξύ της αίσθησης και του περιβάλλοντος της σκηνής. Για παράδειγμα, ο ήχος θα μπορούσε να ενισχυθεί, να επεξεργαστεί και να δρομολογηθεί με βάση την κίνηση του ηθοποιού ή τη κίνηση κάποιου αντικείμενου που κρατάει στα χέρια του. Ομοίως, ο φωτισμός θα μπορούσε να επηρεαστεί από την απόσταση μεταξύ των εκτελεστών κατά τη διάρκεια μιας σκηνής ή από σύντομες χαρακτηριστικές κινήσεις.

Παρ' όλες τις υποσχέσεις πάνω στο συσχετισμό τους με το φυσικό κόσμο, οι Percom αρχιτεκτονικές και τα σχετιζόμενα προγραμματιστικά εργαλεία δεν είναι ακόμα σχεδιασμένες ώστε να υποστηρίζουν αναλυτικό έλεγχο συσκευής ή ικανοποιητική προσέγγιση στο σχεδιασμό της σκηνής. Αυτοί οι πρώτοι πειραματισμοί προτείνουν προσθήκες στην παλέτα των σκηνοθετών και σχεδιαστών, οι οποίες προσφέρονται από τη δυνατότητα του Percom να επιτρέπει στις περίπλοκες τεχνικές υποδομές των μοντέρνων θεάτρων να ανταποκρίνονται περισσότερο στις ανάγκες της παράστασης και των ερμηνευτών της. Στο μέλλον, τα περιβάλλοντα των Percom παραγωγών θα προχωρήσουν πέρα από την υπάρχουσα αντίληψη για τη μορφή των παραστάσεων σήμερα και θα είναι αποκλειστικά κατασκευασμένα ώστε να εξελίσσονται από τη μία παραγωγή στην άλλη με βάση του τί παρατηρείται, και ενσωματώνοντας κάθε φορά τη δραστηριότητα του εκάστοτε κοινού[14].



Σχήμα 1. Πρόσωπο μάγισσας που χρησιμοποιείται από το UCLA Τμήμα της θεατρικής παραγωγής Macbett του 2001.



Σχήμα 2. Ενσωματωμένη συσκευή εντοπισμού σε προσωπίο μάγισσας, που χρησιμοποιήθηκε στη θεατρική παραγωγή Macbeth το 2001.

1.3.2. Θεματική ψυχαγωγία, μουσεία και αρχιτεκτονική.

Τα μουσεία έχουν ήδη ενσωματωμένα στο σχεδιασμό τους media, δικτυακούς τόπους, βάσεις δεδομένων και στοιχεία τέχνης μέσα στις φυσικές δομές τους. Πολλοί από τους βασικούς Percom ρόλους σε αυτό το πλαίσιο, είναι σαν αυτούς που προτείνονται για τη ζωντανή εκτέλεση, αλλά εδώ συναντάμε την πλοήγηση των επισκεπτών και όχι των επαγγελματιών (ηθοποιών), οι οποίοι αλληλεπιδρούν μέσω Percom με δυναμικούς, πλούσιους σε media, φυσικούς χώρους. Η εργασία του HyperMedia Studio πάνω σε αυτή την περιοχή περιγράφεται στο [78]. Περισσότερες εργασίες πάνω στα γραφικά της εμπειρίας μουσείων, καθώς και διάφορες βοηθητικές συναρτήσεις της σχετιζόμενης τεχνολογίας έχουν συζητηθεί στα [30,69]. Στα μουσεία, όπως τα θεματικά πάρκα, ο επισκέπτης τους αποκτά εμπειρία μέσω της ατομικής πλοήγησης και έχοντας διάφορες μορφές βοήθειας από το σύστημα. Τα θεματικά πάρκα έχουν σχεδιαστεί για απλές και διερευνητικές χρήσεις των επισκεπτών. Σύμφωνα με τους στόχους των μουσείων, που είναι η αλληλεπίδραση και οι επαναλαμβανόμενες επισκέψεις, προτείνεται νέα δυνατότητα που παρέχεται από τον Percom και σύμφωνα με την οποία θα καταγράφεται το ιστορικό της δράσης του κάθε επισκέπτη ξεχωριστά και ο επακόλουθος συντονισμός της εμπειρίας που θα είναι βασισμένος σε αυτά τα δεδομένα καθώς και οι απορρέουσες επιλογές πλοήγησης. Μία από τις εφαρμογές του Percom που σχετίζεται με την έμπειρα μουσείων, χρησιμοποιεί τις συσκευές χειρός ως διασυνδέσεις με το σύστημα. Το RFID έχει ήδη ενσωματωθεί σε θεματικά πάρκα, για διοικητικές χρήσεις[25] και είναι βέβαιο ότι θα επεκταθεί για την εξέλιξη της εμπειρίας στο μέλλον. Η ικανότητα να προσαρμόζονται τα media από την άμεση αλληλεπίδραση με τα στοιχεία τέχνης και τις δημογραφικές πληροφορίες προσφέρει νέες μοναδικές εκφραστικές δυνατότητες για την παρουσίαση της πληροφορίας μέσα σε αυτά τα πλαίσια. Επίσης, η εμφάνιση συστημάτων που καταγράφουν την κατανομημένη, συλλογική συμμετοχή και που την ξανα-ενσωματώνουν με τη φυσική αρχιτεκτονική και τα στοιχεία τέχνης μέσω των media, δηλώνει ότι θα προκύψουν νέες εμπειρίες μουσείων. Τα παραπάνω προτείνουν μία

στροφή που πρέπει να πάρει η «μουσειακή» κοινότητα: να αλλάξει από το να είναι «για κάτι» στο να είναι «για κάποιον».

Έχοντας παρόμοια φύση αλλά σε μεγαλύτερη κλίμακα, η θεματική ψυχαγωγία και η αρχιτεκτονική παρουσιάζουν μία άμεση ανάγκη για διεύρυνση, αξιοπιστία και σταθερότητα. Λειτουργούν, όπως τα μουσεία, ως χώροι για την εκάστοτε καλλιτεχνική εργασία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιεί Percom. Αυτά τα συστήματα μπορούν να λειτουργούν για δεκαετίες με συνεχή χρήση, και έχουν λειτουργικές απαιτήσεις που διαφέρουν σημαντικά για τους 'επαγγελματίες' έναντι των 'επισκεπτών'. Αυτά τα περιβάλλοντα, συμπεριλαμβανομένων των ψυχαγωγικών πάρκων και άλλων μορφών- βασισμένων στον εντοπισμό- ψυχαγωγίας, χρησιμοποιούν ήδη τα media και συστήματα ελέγχου συγχρονισμένα με τη ζωντανή εκτέλεση και μερικές φορές την άμεση συμμετοχή ή την online εξερεύνηση. Περισσότερο ευρέως, στην αρχιτεκτονική, ο Percom έχει ήδη διεισδύσει στα ψηφιακά, ελεγχόμενα μηχανικά και ηλεκτρικά συστήματα των μοντέρνων κατασκευασμάτων, ενώ οι αρχιτέκτονες ήδη πειραματίζονται με την ενσωμάτωση των media και άλλων ελεγχόμενων από υπολογιστές στοιχείων σχεδιασμού. Για παράδειγμα δείτε την εργασία των αρχιτεκτόνων Diller και Scofidio[7] καθώς και των Art και COM στο Βερολίνο[4].

1.3.3. Νέα είδη και παιχνίδια

Οι «media» και «δικτυακοί» καλλιτέχνες έχουν ήδη δημιουργήσει έργα τέχνης που δεν τοποθετούνται εύκολα σε παραδοσιακές κατηγορίες χρησιμοποιώντας τεχνολογίες παρακολούθησης, ανίχνευση, ενσωματωμένο υπολογισμό, καινοτόμες απεικονίσεις, διεπαφές και κατασκευαστικά συστήματα. Συχνά έχουν ως βάση τεχνικές της οπτικής και της γλυπτικής αλλά αντλούν τεχνικές και από πολλούς άλλους τομείς, όπως το θέατρο, τον κινηματογράφο και την τηλεόραση. Η τυπικά μικρότερη κλίμακα αυτού του έργου παρέχει ελευθερία για εξερεύνηση του πώς οι νέες διασυνδέσεις και τα ενσωματωμένα, καταναεμμένα συστήματα πληροφορικής θα επηρεάσουν την κοινωνία και θα επεκτείνουν τις δυνατότητές της για έκφραση. Ωστόσο, η 'στενότητα' των πόρων εκείνων που εργάζονται στον τομέα αυτό απαιτεί την ύπαρξη κατάλληλων αρχιτεκτονικών που να υποστηρίζουν την εξερεύνηση με χαμηλό κόστος συμμετοχής. Παράλληλα με τις μοναδικές δυνατότητες των ψηφιακών media και του διαδικτύου, οι καλλιτέχνες διερευνούν το τί είναι χρησιμοποιήσιμο σήμερα-κατά κανόνα, απλές ψηφιακές διασυνδέσεις με αισθητήρες και ενεργοποιητές-εξερευνούν νέους ρόλους 'κοινού', προσπαθούν να δημιουργήσουν έργα που βασίζονται πάνω σε περιβαλλοντικά φαινόμενα, και να περιπλέξουν τα media με φυσικά αντικείμενα. Η εργασία από το Fabian Wagmister και άλλους στο UCLA HyperMedia Studio[78] επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την αρχιτεκτονική προσέγγιση που αναπτύσσεται εδώ. Η πιο πρόσφατη δοκιμή του Kolo middleware(Ενότητα 5.4.1) ήταν στο media έργο τέχνης, *Ecce Homology*(Εικόνα 4)[83]. Αυτό το έργο τέχνης επέτρεψε στους επισκέπτες γκαλερί να αλληλεπιδράσουν με μία μεγάλη οθόνη τοίχου(43' πλάτος) που οπτικοποιούσε το γενετικό κώδικα του ανθρώπου και του ρυζιού. Έχει ενσωματώσει πέντε οθόνες συστήματος απόδοσης OpenGL με στόχο την αλληλεπίδραση χρήστη και χρήση animation πάνω στον αλγόριθμο BLAST που χρησιμοποιείται στη βιοπληροφορική(Βλέπε Εικόνα 4).

Στα παιχνίδια, μια περιοχή που έχει πάρα πολλές ,τεχνικά, παραγωγικές δυνατότητες, θα μπορούσαν επίσης να επωφεληθούν από τον Percom. Αυτή η εξελισσόμενη βιομηχανία, της οποίας τα έσοδα το 2003 ξεπέρασαν τα box-office όλων των ταινιών της Αμερικής[41], προβλέπει την ενσωμάτωση πολλών μελλοντικών στοιχείων από τον ευρύτερο κλάδο της ψυχαγωγίας. Υιοθετεί καινοτόμες διεπαφές, εμπειρίες πολλαπλών χρηστών, τμήματα φιλμ /media και αντλεί από τις παραδοσιακές τέχνες για να δημιουργήσει διαδραστικές εμπειρίες. Ο σκηνοθέτης ταινιών Ridley Scott(Allien, Blade Runner, Gladiator) δήλωσε στους New York Times, "Η ιδέα πως ένας κόσμος, οι χαρακτήρες που ζουν σε αυτόν, και οι ιστορίες που μοιράζονται αυτοί οι χαρακτήρες μπορούν να εξελιχθούν με τη συμμετοχή του κοινού και ίσως η ύπαρξή τους σε ένα αέναο σύμπαν είναι όντως πολύ συναρπαστικό για μένα"[41]. Τα παιχνίδια αποτελούνται από οδηγημένες από το χρήστη εμπειρίες οι οποίες μπορούν να περιλαμβάνουν προσομοίωση, βασισμένα στο χρόνο media, αλληλεπίδραση πολλαπλών χρηστών, φυσικούς χώρους και διασυνδέσεις, καθώς και κινητές συσκευές. Καθώς ο

υπολογισμός αναμειγνύεται με το περιβάλλον και τα παιχνίδια ταυτοχρόνως επιδιώκει νέα ακροατήρια, οι δημιουργοί παιχνιδιών πιθανότατα θα εφαρμόσουν στοιχεία και του Percom και των συστημάτων παραγωγών για τη δημιουργία εμπειρίας στο φυσικό περιβάλλον. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος που εξερευνήθηκε στο UCLA, είναι το ρομποτικό παιχνίδι Ragobot, που περιγράφεται εν συντομία στην ενότητα 5.1.3.



Σχήμα 3 Στιγμιότυπο της παρουσίασης του project *Ecce Homology* στη πρεμιέρα του το 2003 στο Μουσείο Πολιτιστικής ιστορίας Fowler.

1.3.4. Κινηματογράφος, τηλεόραση, και «πολυμέσα κινητών τηλεφώνων»

Σε αντίθεση με τις μορφές που περιγράφονται παραπάνω, η σύλληψη, η ανάπτυξη του εξοπλισμού, και η καταγραφή ή η δημιουργία της δράσης για τη παραγωγή media εστιάζουν όλα στη δημιουργία ενός τελικού ακαταμάχητου κομματιού media ‘βλέποντας από μία οπτική γωνία’-συνήθως μια ταινία. Βλέπουμε την σαφή, αρχική λειτουργία του Percom στην παραγωγή, σαν βοηθητική λειτουργία για την παραγωγή της εν λόγω σταθερής μορφής αντί να παίζει ένα νέο στοιχειώδη ρόλο στην εμπειρία. Η έρευνα για τους βοηθητικούς ρόλους του Percom θα προσφέρει τις θεμελιώδεις πλατφόρμες και την εμπειρία για την καλύτερη ανάπτυξη των μοναδικών βασικών ρόλων στο μέλλον. Στο UCLA, στο project Προηγμένης Τεχνολογίας Κινηματογραφικής Τέχνης (Advanced Technology for Cinematography - ATC) [12], ερευνώνται συστήματα τα οποία να εξυπηρετούν το ξεκίνημα παραγωγής ζωντανών ταινιών δράσης. Το παραπάνω στοχεύει να κατευθυνθεί η έρευνα του Percom πάνω στη κινηματογράφηση και στην ανάδειξη των βασικών ρόλων. Το ATC επικεντρώνεται αρχικά στην κατανομημένη παρακολούθηση και υποστήριξη της λήψης αποφάσεων[51], στις μεθόδους για την καταγραφή των συνθηκών σύμφωνα με τις οποίες δημιουργήθηκαν τα πλάνα[72] και στη βοήθεια της ανακατασκευής τους.

Οραματιζόμαστε ότι, στο μέλλον, ο Percom θα διαδραματίσει έναν μοναδικό ρόλο παρέχοντας μετά-δεδομένα και υποστηρίζοντας την παραγωγή media με πολλαπλές εμπειρίες, στις οποίες οι επενδύσεις είναι δυναμικά συνδεδεμένες με την εμπειρία και την άποψη των συμμετεχόντων. Αντίστοιχες εμπειρίες βρίσκονται ήδη σε καινούργια DVDs, σε παιχνίδια, στη θεματική ψυχαγωγία και σε συγκεκριμένα είδη παραστάσεων. Σήμερα τα περισσότερα φιλμ που έχουν μόνο μία τελική προοπτική, δεν είναι εφοδιασμένα με κάποιο σύστημα ευρείας κλίμακας που να βοηθάει τις ομάδες φιλμαρίσματος στο να διαχειρίζονται τις φυσικές συνθήκες της παραγωγής και να ενσωματώνουν τις καταγραφές εκείνων των συνθηκών στα media, παρά το μεγάλο πεδίο δράσης, την πολυπλοκότητα και τον

προϋπολογισμό τους. Εξαιτίας της επικράτησης των χειροκίνητα μη συνδεδεμένων λειτουργικών συστημάτων στην παραγωγή φιλμ, όσο πιο περίπλοκο είναι το γύρισμα της σκηνης, τόσο λιγότερο εύκαμπτη είναι η διαδικασία γυρίσματος, επιτρέποντας τη λήψη λιγότερων διαφορετικών πλάνων σε μία δοσμένη περίοδο και απαιτώντας περισσότερες επαναλήψεις για την εναρμόνιση των παραστάσεων και των τεχνικών στοιχείων. (Εικόνα 5, από το UCLA σε γύρισμα σχολικού φιλμ, απεικονίζει πόσοι πολλοί άνθρωποι εμπλέκονται για μία σχετικά απλή λήψη). Οι άνθρωποι πρέπει να ελέγχουν προσεχτικά κάθε κομμάτι του εξοπλισμού κατά τη διάρκεια του γυρίσματος, και να καταγράφουν την κατάσταση του ηθοποιού και των σκηνικών στοιχείων σε περίπτωση που η σκηνή πρέπει να επαναληφθεί ή να τη χειριστεί μετέπειτα η παραγωγή. Όταν το 'ακριβές' ταίριασμα της ζωντανής λήψης με τα γραφικά υπολογιστών (CG-coupling live action and computer graphics) απαιτείται, τότε ακόμα περισσότερο απαραίτητη είναι η ακρίβεια του προσωπικού και των ηθοποιών για την εξασφάλιση του χωρικού και χρονικού συντονισμού των CG στοιχείων.

Ένα παράδειγμα τέτοιου συντονισμού στη ζωντανή εκτέλεση είναι όταν κατά τη διάρκεια μιας λήψης, ένας ηθοποιός πρέπει να 'χτυπήσει' μία σειρά διαδοχικών στόχων κάτω στο έδαφος ώστε ο φακός λήψης να εστιάσει πάνω του ενώ πολλά αντικείμενα κινούνται γύρω του. Για περίπλοκες λήψεις η κίνηση ανάμεσα σε τέτοια σημεία οδηγεί σε πολλές διαφορετικές χειροκίνητα εκτελεσμένες διαδικασίες και είναι συχνά αδύνατο να τις προσαρμόσουμε στις διάφορες παραλλαγές της παράστασης ή στην απευθείας βελτίωση. Σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται αυτοματοποίηση, ο εξοπλισμός ελέγχεται τυπικά από κλειδί πλαισίου (key frame) ή άλλων ρυθμισμένων εκ των προτέρων προσεγγίσεων. Τα συστήματα Percom θα μπορούσαν, για παράδειγμα, να γεφυρώσουν τον εντοπισμό προσωπικού με διεπαφές για αυτόν τον εξοπλισμό, επιτρέποντας στην αυτοματοποίηση να ανταποκρίνεται εύκαμπτα στις αλλαγές των συνθηκών και στις 'εν κινήση' δημιουργικές επιλογές. Σε μία περίπλοκη λήψη εντοπισμού, ο κινηματογραφιστής θα μπορούσε να ζητήσει από το σύστημα να αλλάξει δυναμικά τη γωνία της κάμερας σύμφωνα με τις πραγματικές θέσεις των ηθοποιών, με σκοπό να διατηρεί ένα συγκεκριμένο τύπο πλαισιώματος καθώς η κάμερα και οι ηθοποιοί κινούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του σκηνοθέτη. Εναλλακτικά, ένα βασισμένο σε Percom σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, θα μπορούσε να δώσει τη δυνατότητα στο χειριστή της κάμερας να επιτύχει χειροκίνητα ακόμα περισσότερο 'εκλεπτυσμένο' έλεγχο. Τέτοια υποστήριξη απόφασης θα μπορούσε να παρέχεται σε πραγματικό χρόνο, ή για κριτική μετά την ολοκλήρωση των λήψεων, όπως συμβαίνει στο Επαυξημένο Σύστημα Καταγραφής (ARS-Augmented Recording System), που περιγράφεται παρακάτω.

1.3.5. Παράδειγμα Εργαλείου- Επαυξημένο Σύστημα Καταγραφής (Augmented Recording System)

Το Augmented Recording System (ARS) είναι ένα παράδειγμα ενός βοηθητικού εργαλείου που έχει δημιουργηθεί σε συνεργασία μεταξύ των NESL και HyperMedia Studio για τη στήριξη της παραγωγής media χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που περιγράφονται στην ενότητα 5 (Αρχιτεκτονικά τοποθετείται στο υψηλότερο επίπεδο το σχήματος 1). Σχεδιάστηκε για τη δημιουργία «επαυξημένης ταινίας», που συνδυάζει μια συγχρονισμένη καταγραφή δεδομένων με μια film κάμερα προνομιακής οπτικής καταγραφής [27,31]. Οι δυνατότητες που διερευνά - για παράδειγμα, το συγχρονισμό των δικτύων αισθητήρων με τα παραδοσιακά συστήματα αναπαραγωγής και λήψης media - αποτελούν το θεμέλιο για περισσότερους βασικούς ρόλους στην επόμενη γενιά παραγωγής media. Προς το παρόν, έχει αναπτυχθεί ως μέρος του αρχικού στόχου του project του ATC για τη στήριξη της παραδοσιακής παραγωγής. Σε αυτό το έργο, οι συσκευές Percom έχουν αναπτυχθεί για να συλλέγουν δειγματοληπτικές μετρήσεις σχετικά με το φωτισμό, τα επίπεδα θορύβου, ή τις πληροφορίες εντοπισμού και προσανατολισμού για τους ηθοποιούς, τα σκηνικά στοιχεία και τον εξοπλισμό. Τα βασικά στοιχεία του ARS περιλαμβάνουν (1) τους ασύρματους κόμβους που έχουν αισθητήρες για τη λήψη των φυσικών δειγμάτων δεδομένων, έναν επεξεργαστή και έναν ασύρματο πομπό για τη μετάδοση των δεδομένων του δείγματος, (2) μια πηγή "χρονοδιαγράμματος" (timecode source) που δημιουργεί μια χρονική σήμανση αναφοράς για κάθε ταινία ή βίντεο frame, και (3) μια βιντεοκάμερα ή ένα film πακέτο που μπορεί να

καταγράφει μια σκηνή και ένα ηχητικό κομμάτι-τραγούδι(που χρησιμοποιείται για το timecode) ταυτόχρονα. Η τρέχουσα έκδοση του ARS συλλέγει τα στοιχεία των συσκευών mote κλάσης, τα συγχρονίζει με τα βίντεο frames, και μπορεί να καταγράψει και να αναπαράγει την επαυξημένη ταινία. Για τη συλλογή δεδομένων, το mote του Berkeley, MICA1 αποτελεί την πρώτη υλοποίηση. Το ARS έχει πλέον προσανατολιστεί στην πλατφόρμα MICA2 για να επωφεληθεί το πιο σταθερό σήμα και τον ταχύτερο επεξεργαστή. Σε έναν υπολογιστή σταθμού βάσης, τρέχει ένας βασισμένος σε Java ,server σειριακής θύρας, ο οποίος συλλέγει δεδομένα από τις mote πύλες δικτύου(gateway motes), χρησιμοποιεί παρεμβολή για τα frames που λείπουν και στη συνέχεια, διαβιβάζει τα δεδομένα στο *Sylph middleware*[19], το οποίο αναλαμβάνει το registration, την πολυπλεξία και τις υψηλού επιπέδου μεταφράσεις αιτημάτων. Την τρέχουσα υλοποίηση[51] χρησιμοποιεί το Kolo για να διανέμει το timecode μέσω του τοπικού δικτύου, όπως περιγράφεται στην ενότητα 5.2.1 και για να διανέμει τα δεδομένα των αισθητήρων από την πύλη δικτύου προς άλλα υποσυστήματα που τα χρειάζονται.

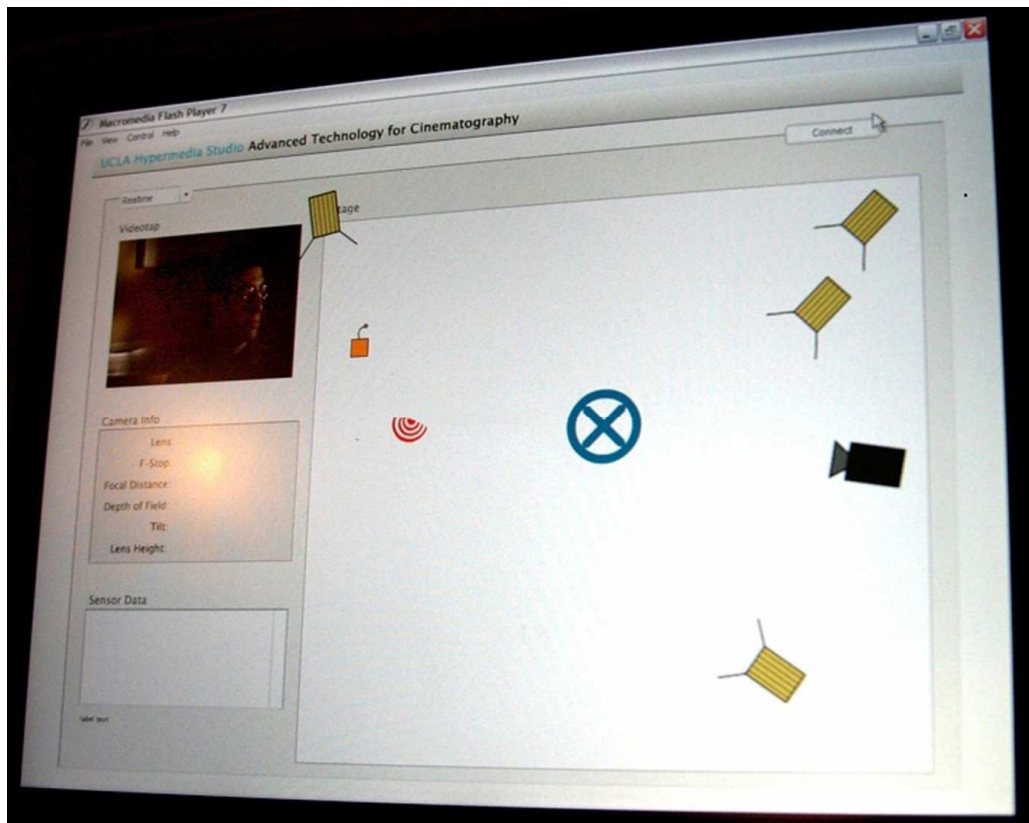
Η ARS υποκινείται από την παρατήρηση ότι τα δεδομένα των αισθητήρων, που καταγράφονται κατά την παραγωγή των media, είναι συνήθως πιο χρήσιμα, αν μπορούν να αναλυθούν έχοντας τη γνώση της αντίστοιχης ταινίας ή του βίντεο frame στην καταγραφή. Αυτό απαιτεί χρονικό συγχρονισμό των συσκευών Percom που συλλέγουν δεδομένα με το timecode, που συνήθως χρησιμοποιείται ως ένα παγκόσμιο ρολόι στη παραγωγή media. (Αυτό το σήμα συχνά προέρχεται από μια εξωτερική γεννήτρια timecode, μια συσκευή που παράγει ένα ρολόι αναφοράς, το οποίο κατανέμεται ως αναλογικό σήμα μεταξύ των συσκευών, όπως τη φωτογραφική μηχανή και τη βιντεοκασέτα.) Για τον πειραματισμό, χρησιμοποιήθηκε ένα πρότυπο SMPTE γεννήτριας timecode που παρέχει ένα σήμα 29,97 frames ανά δευτερόλεπτο, αν και κάθε συχνότητα frame μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα. Η απόκτηση των δεδομένων από κάθε αισθητήρα πρέπει επίσης να εκτελεστεί τουλάχιστον τόσο γρήγορα όσο ο ρυθμός ανανέωσης των media της εφαρμογής. Αυτό επιτρέπει σε κάθε σημείο δεδομένων να μετριέται κατά τη διάρκεια του χρόνου έκθεσης για το αντίστοιχο frame, έτσι ώστε η οπτική καταγραφή των media να είναι σε συγχρονισμό με τη μέτρηση.

Νέες τεχνικές απαιτούνται για την επίτευξη της αναγκαίας επίδοσης των mote συσκευών, οι οποίες έχουν τον κατάλληλο παράγοντα σχήματος-μορφής για την εφαρμογή που αναφερόμαστε. Η περίοδος δειγματοληψίας δεδομένων για τυπικές frame συχνότητες είναι μικρότερη των 33,37 ms. Αυτή είναι σχετικά μικρή σε σύγκριση με άλλες εφαρμογές παρακολούθησης δικτύων αισθητήρων. Λόγω της καθυστέρησης του δικτύου, είναι πρακτικά αδύνατο να συγχρονιστεί κάθε συσκευή στα 33,37 ms. Το ARS χρησιμοποιεί τοπικούς timers σε κάθε mote, των οποίων οι περίοδοι είναι ίσες με την περίοδο του media frame. Κάθε συσκευή στέλνει πακέτα, τα οποία περιέχουν δεδομένα με ένα προκαθορισμένο αριθμό frames, σε ένα σταθμό βάσης. Στη συνέχεια, ο σταθμός βάσης συγχρονίζει τα δεδομένα των αισθητήρων με τα video frames αντιστοιχώντας(mapping) τις τιμές των τοπικών timers στα πακέτα και τα εξωτερικά σήματα του timecode με ένα προκαθορισμένο τρόπο.

Για να συγχρονιστούν οι συσκευές, υιοθετήσαμε στην αρχική υλοποίηση του ARS μια απλή βασισμένη-στην-εκπομπή μέθοδο. Η μέθοδος αυτή είναι εύκολο να εφαρμοστεί σε μία διαδρομή δικτύου, και υπήρχε η πεποίθηση ότι θα ήταν δυνατό να συγχρονίζει με ακρίβεια αντίστοιχη του video frame ρυθμού. Η επιλογή του σχήματος βασίστηκε σε δύο παράγοντες-στο ότι θα υπάρχει ένα ανώτατο όριο για την “εξέλιξη-κίνηση” του χρόνου των motes και ότι τα μηνύματα εκπομπής θα λαμβάνονται περίπου την ίδια ώρα από όλους τους δέκτες. Με βάση το ανώτατο όριο για την “εξέλιξη-κίνηση” του χρόνου μεταξύ των motes που καθορίστηκε πειραματικά, τέθηκε η περίοδος ενημέρωσης(update period) για να εξασφαλιστεί το ότι το σφάλμα συγχρονισμού δεν υπερβαίνει την επιλεγμένη περίοδο ενός video frame. Μια πύλη δικτύου μεταδίδει εντολές χρονικού συγχρονισμού στους γειτονικούς motes σε κάθε περίοδο συγχρονισμού.

Καθώς στόχος είναι να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ARS σε συσκευές και να γενικευθεί η χρήση του στη ζωντανή εκτέλεση και άλλα περιβάλλοντα, έχουν αναπτυχθεί γραφικά διεπαφών χρήστη για τον έλεγχο της καταγραφής των δεδομένων, καθώς και για την αναζήτηση και πλοήγηση στην επαυξημένη ταινία. Αυτές οι εφαρμογές παρέχουν τη συγχρονισμένη απεικόνιση των δεδομένων που αντιστοιχούν σε κάθε frame μιας λήψης κατά τη διάρκεια αναπαραγωγής. Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί δύο διαφορετικές διεπαφές.

Ένας πελάτης της Java εμμένει στο πρότυπο Jini, ένα παράθυρο, (το οποίο απεικονίζεται στην Εικόνα 6), υποστηρίζει λειτουργικότητα και για τον τελικό χρήστη και για τον προγραμματιστή, επιτρέποντας στους προγραμματιστές συστήματος να δημιουργούν ομάδες από κόμβους αισθητήρων, να βρίσκουν τους γείτονές τους και να αρχίζουν και να σταματούν τη συλλογή δεδομένων.



Σχήμα 5. Macromedia Flash διεπαφή για την απεικόνιση των μετρήσεων-σχετικών με το φωτισμό και τον εντοπισμό-του ARS, σε υπολογιστή γραφείου. Επάνω αριστερά φαίνεται το βίντεο συνεχούς ροής είτε ζωντανά είτε μαγνητοσκοπημένα.

Μία βασισμένη στη Macromedia Flash διεπαφή χρήστη, για έναν υπολογιστή γραφείου(φαίνεται στην παραπάνω εικόνα) δημιουργήθηκε ως πρωτότυπο για τους τελικούς χρήστες πάνω στην επεξεργασία κάποιου film. Με τη βοήθεια του Sylph middleware, το ARS μπορεί να ανταποκριθεί σε πολλά εκφραστικά αιτήματα που υποστηρίζει το Sylph. Η ανάλυση και η επεξεργασία των δηλωμένων αιτημάτων έχουν γίνει από τον πυρήνα proxy του Sylph middleware. Το Κολο παρέχει αγωγούς δεδομένων μεταξύ των στοιχείων του συστήματος(π.χ Πύλες δικτύου για το Mica mote, γεννήτρια timecode, GUI και βάση δεδομένων).

Υπάρχουν ακόμη αρκετά ζητήματα “πλατφόρμας” που πρέπει να διευθετηθούν προκειμένου το ARS να υποστηρίζει την καθημερινή χρήση στην παραγωγή media. Με περιορισμένους κόμβους όπως οι Mica motes, έως και 10 κόμβοι μπορούν να αναπτυχθούν πριν την εμφάνιση απωλειών frame δεδομένων. Η αναζήτηση λύσεων για την αύξηση του αριθμού των αναπτυχθέντων κόμβων με διάφορους τρόπους έχει να κάνει: με την υιοθέτηση νέας

πλατφόρμας υλικού, όπως οι MicaZ motes[21], οι οποίες έχουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης ραδιοσυχνοτήτων, τη δικτύωση μέσω πολλαπλών διαδρομών επικοινωνίας και την ιεραρχική αρχιτεκτονική του δικτύου, και με την αξιοποίηση στην επεξεργασία δικτύου με τεχνικές όπως αυτή της συμπίεσης. Επιπλέον, δεδομένου ότι η καθυστέρηση διάδοσης των πακέτων μπορεί να διαφέρει και κατά συνέπεια ο συγχρονισμός που βασίζεται στην εκπομπή δεν είναι τόσο σταθερός όσο χρειαζόμαστε, σχεδιάζεται να υιοθετηθεί το TPSN (αναλύεται στην Ενότητα 5.2.2) για το χρονικό συγχρονισμό. Τέλος, επειδή ο φωτισμός είναι ζωτικής σημασίας για την κινηματογράφηση, η ομάδα του ATC project θα αντικαταστήσει τους αισθητήρες φωτός, που είναι εφοδιασμένοι με τη MICA2 κάρτα αισθητήρα, με μοντέλα αισθητήρων που παρέχουν μεγαλύτερη ακρίβεια και δυναμικό εύρος.

1.4. Απαιτήσεις

Οι γενικές απαιτήσεις που περιγράφονται παρακάτω προσανατολίζουν τη σημερινή αρχιτεκτονική έρευνα. Βασίζονται στην εμπειρία της συνεργασίας για την ανάπτυξη του ARS και άλλων συστημάτων που αφορούν το project με θέμα την Προηγμένη Τεχνολογία για τον Κινηματογράφο, καθώς επίσης και στην προηγούμενη εμπειρία στον τομέα της έρευνας της μηχανικής και της καλλιτεχνικής παραγωγής. Καθένας από τους τομείς εφαρμογής- κάθε μορφή τέχνης-εξισορροπεί τους εκφραστικούς με τους λειτουργικούς στόχους, δίνοντας έμφαση στην εμπειρία του «τελικού χρήστη». Για να επιτύχουν τα συστήματα Percom να λειτουργήσουν με υποβοηθητικό, ιδιοδεκτικό, «γεφυρωτικό» σκοπό, και να έχουν βασικό ρόλο στη δημιουργία αυτής της εμπειρίας σε αυτούς τους απαιτητικούς τομείς, θα πρέπει να αντιμετωπιστούν τα ζητήματα που ακολουθούν. Το να δοθεί έμφαση σε αυτά τα θέματα αποτελεί την βάση του ότι τα Percom συστήματα πρέπει να επιτύχουν τους παλαιούς στόχους πιο αποτελεσματικά και να προτείνουν νέες δυνατότητες.

Στην έκφραση, ο έλεγχος και τα θέματα που αφορούν τον ρυθμό και την «κλιμάκωση», είτε είναι χρονικά, είτε είναι οπτικά, είναι θεμελιώδους σημασίας. Τα συστήματα Percom θα πρέπει να έχουν και «αίσθηση του χώρου» και «αίσθηση του χρόνου», και θα πρέπει να μπορούν εύκολα να ενσωματώνονται με τα media. Θα πρέπει να αποδεχτούν το ρόλο τους στη δημιουργία συστημάτων, τα οποία να δημιουργούν συμπεριφορές που δεν θα μπορούν να είναι υποκινούμενες στα εργασιοκεντρικά(task-oriented) frameworks. (Καθώς το ARS υποστηρίζει τις 'εργασίες(task),' της παραγωγής, οι απόγονοι-εφαρμογές του οι οποίες θα είναι στο βρόχο της εφαρμογής-ελέγχου θα λειτουργούν σίγουρα σύμφωνα με τους δημιουργικούς σκοπούς της εκάστοτε λήψης και όχι της πραγματικότητας του διαχειριστή του συστήματος.). Παρόλα αυτά, θα πρέπει να λειτουργούν βοηθητικά με τις κατάλληλες σημασιολογικές γενικεύσεις, με το να παραμερίζονται τα επίπεδα γενίκευσης όταν απαιτείται λόγω συντονισμού του ελέγχου. Ως εργαλεία θα πρέπει να θέσουν με σαφήνεια τις δυνατότητές τους στα interfaces και στο σχεδιασμό τους, ώστε να παρέχουν ικανοποιητικές συναρτήσεις εντοπισμού των ερεθισμάτων που παράγουν μία συγκεκριμένη συμπεριφορά συστήματος. Προς το παρόν θα πρέπει να χρησιμοποιούν σταθερά συστήματα που να έχουν αυτές τις δυνατότητες. Παρακάτω αναλύουμε τις απαιτήσεις στο σχεδιασμό-χρόνου. Συμπληρώνουν υπάρχουσες απαιτήσεις για παλαιότερες εφαρμογές Percom, όπως τη διαχείριση ενέργειας(power managment) και την ανακάλυψη λειτουργιών(service discovery). Στο μέλλον τα συστήματα Percom θα μπορούν να χειρίζονται καλύτερα-κι ας μην έχει ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός τους-, να 'μαθαίνουν' από τον παραδειγματισμό, και να υιοθετούν την επαναληπτική ενέργεια δίνοντας συγκεκριμένους στόχους απόδοσης.

1.4.1. Έννοια του «χρόνου»

Η ιδιότητα του ρυθμού και η συντονισμένη δράση απορρέουν από το συγχρονισμό. Ο συγχρονισμός του χρόνου σε όλες τις συσκευές σε ένα σύστημα Percom παρέχει ήδη συγχρονισμό σε εξωτερικά ρολόγια και ένα σωρό άλλες γνωστές υπηρεσίες χαμηλού επιπέδου: κατανομή επεξεργασίας σήματος, χρόνος αφίξεως υπολογισμών, δέσμη ραδιοσήματος(beamforming), χρονική δειγματοληψία, υποδιαίρεση χρόνου πολλαπλής

πρόσβασης (Time Division Multiple Access -TDMA), και κύκλο καθηκόντων μεταξύ πολλών άλλων. Τα υπάρχοντα μοντέλα συγχρονισμού του χρόνου μπορούν να τοποθετηθούν σε τέσσερις κατηγορίες: εσωτερικός, εξωτερικός, υβριδικός συγχρονισμός, και εικονικά ρολόγια[33]. Για παράδειγμα, το ARS, που περιγράφεται στην ενότητα 3.5 απαιτεί χρονικό συγχρονισμό μεταξύ μιας εξωτερικής timecode γεννήτριας (σήμα ρολογιού) και των κόμβων των αισθητήρων έτσι ώστε τα δεδομένα των αισθητήρων να μπορούν να συγχρονιστούν με καταγεγραμμένα film ή video frames. Το ARS αξιοποιεί και την εξωτερική και την υβριδική προσέγγιση για την επίτευξη του ,εκ των προτέρων, συγχρονισμού των αποκτημένων δεδομένων στις mote συσκευές σε υψηλές ταχύτητες για την εκάστοτε πλατφόρμα.

Πιστεύετε ότι η «αίσθηση του χρόνου» θα πρέπει να χτιστεί σύμφωνα με το συγχρονισμό. Μια αρχιτεκτονική για εκφραστικές εφαρμογές θα μπορούσε να προχωρήσει περαιτέρω και να παρέχει πληροφορίες σχετικά με το ότι «ο ρυθμός» είναι σταθερός (ο συγχρονισμός διατηρείται). Για παράδειγμα, για την υποστήριξη των απαιτούμενων φυσικών συνθηκών της παραγωγής media, τα συστήματα Percom ιδιοδεκτικού ρόλου στο μέλλον θα απαιτούν την παρακολούθηση της διατήρησης αξιοπιστίας στο χρονικό συγχρονισμό του συστήματος. (Από τη δυνατότητα αυτή θα επωφεληθεί επίσης το ARS). Οι συσκευές θα πρέπει να διατηρούν τη βαθμονόμηση και το ‘παγκόσμιο’ συγχρονισμό σε οποιαδήποτε αλλαγές του περιβάλλοντος. Όπου είναι δυνατό, θα πρέπει να προβλέπουν επικείμενες αποτυχίες ή καταστάσεις που μπορούν να προκαλέσουν την απώλεια συγχρονισμού.

Σε επίπεδο εφαρμογής, η συντονισμένη δράση απαιτεί πως οι φυσικοί έξοδοι που ελέγχονται από συσκευές Percom σε ένα περιβάλλον, μπορούν να συγχρονιστούν με αξιοπιστία. Η ανάδραση ή καλύτερα τα μοντέλα εσωτερικών συσκευών μπορεί να είναι απαραίτητο να καθοδηγήσουν τη συγχρονισμένη εμπειρία με αυτόν τον τρόπο. Για παράδειγμα, στο θέατρο, ο διαχειριστής σκηνής(stage manager) μπορεί να αρχικοποιήσει έναν σήμα ήχου μισό δευτερόλεπτο αφού έχει δοθεί σήμα φωτισμού έτσι ώστε να φαίνονται συγχρονισμένα, λόγω του ότι εξαιτίας της λυχνίας πυράκτωσης που κάνει κάποιο χρόνο έως ότου ‘ανάψει’. Καθώς ο διαχειριστής σκηνής μπορεί ήδη να έχει ικανοποιητικό χρόνο συγχρονισμού για όλους τους κόμβους μέσω ενός πρωτοκόλλου μετάδοσης-δίνονται οδηγίες μέσω ενδοσυνεννόησης στους χειριστές- η αίσθηση του χρόνου πρέπει να είναι πιο ‘εκλεπτυσμένη’ για τη δημιουργία της επιθυμητής εμπειρίας.(Συχνά προσαρμόζεται πειραματικά σύμφωνα με την απόδοση των ηθοποιών). Ο μελλοντικός σχεδιασμός των Percom συστημάτων θα πρέπει να υλοποιείται(ακόμα και μη ολοκληρωμένα) ώστε όχι μόνο να υποστηρίζει την υπάρχουσα υλοποίηση, αλλά και να προτείνει κάτι που είναι πιθανόν να υλοποιηθεί.

1.4.2. Έννοια του «χώρου»

Ομοίως, η ανθρώπινη αίσθηση του χώρου – και η μελέτη του χώρου στην καλλιτεχνική έκφραση - απλά υπερβαίνει την ισχύουσα γνώση. Ενώ θεωρείτε ότι η υψηλή ακρίβεια στο ρυθμό δειγματοληψίας για τον εντοπισμό αντικειμένων, συσκευών και ανθρώπων, είναι μια ικανή δυνατότητα που ανοίγει το δρόμο σε πολλούς εκφραστικούς ρόλους και αρχικές εφαρμογές Percom, υπάρχουν πολλά περισσότερα που πρέπει να επιτευχθούν εκτός από αυτό το γνωστό δύσκολο πρόβλημα. Οι ερευνητές ρομποτικής ανακάλυψαν γρήγορα ότι οι μονο-αισθητήρες και η ‘μονόμετρη’ πληροφορία είναι ανεπαρκείς για την επίτευξη μιας πραγματικά λειτουργικής κατανόησης του περιβάλλοντος[8]. Παρόμοια, τα συστήματα Percom θα πρέπει να χρησιμοποιούν πολλαπλά μέτρα για να διασφαλιστεί η ορθή εγκατάσταση και η παροχή ιδιοδεκτικής λειτουργίας.

Γενικότερα, οι συσκευές θα πρέπει να καταλάβουν όχι μόνο το την περιοχή που είναι τοποθετημένες, αλλά και τα σημεία του χώρου για τα οποία τα γεγονότα είναι ορατά σε αυτές, και τους ‘ενεργοποιητές’ που μπορούν να ενεργοποιήσουν. Η παραπάνω περιοχή καλείται περιοχή υπευθυνότητας της συσκευής(RoR- Region of Responsibility). Ο αισθητήρας beam-forming χρησιμοποιεί στατιστικές τεχνικές πρόβλεψης για να καθορίσει τότε διάφοροι αισθητήρες είναι πιθανόν να έχουν παρατηρήσει ταυτόχρονα το ίδιο συμβάν. Η συσχέτιση κοινών γεγονότων οδηγεί στη δημιουργία των RoR μοντέλων. Το τελικό βήμα στο RoR μοντέλο είναι η αντίληψη της ανίχνευσης έχοντας πολύ-αισθητήρες σε ένα πολύ-μετρικό περιβάλλον. Το NESL υλοποιεί 4D μοντέλα συσχέτισης για οπτικά γεγονότα. Όταν

ολοκληρωθεί η ανάπτυξη αυτών των μοντέλων θα γίνει δυνατή η οδηγημένη εγκατάσταση-deployment(περιγράφεται στην Ενότητα 4.5) καθώς και η υποστήριξη της ιδιοδεκτικότητας. Περισσότερη μελέτη απαιτείται για τις τυπικές συσκευές, όπως είναι οι projectors, τα φώτα και οι speakers. Για αυτές τις συσκευές, τα ενσωματωμένα RoR μοντέλα θα τους επιτρέψουν να διευθυνσιοδοτηθούν εύκολα σύμφωνα με την τοποθεσία και την περιοχή κάλυψης του ανιχνευμένου σήματος. Η διαχείριση αυτών των μοντέλων σε επίπεδο συσκευής θα επιτρέψει στο δίκτυο να εκμεταλλευτεί άμεσα αυτήν την πληροφορία, επιτρέποντας στους γείτονες να δημιουργούνται σύμφωνα με τη χωρική δυνατότητα και υπευθυνότητα και όχι απλά και μόνο από την τοποθεσία τους.

Για την επίτευξη της έννοιας, «αίσθηση του χώρου», ο εντοπισμός παραμένει ως κεντρική δυνατότητα. Σύμφωνα με τη γενικότερη εμπειρία[10,12,13,51,78], καθώς και οι στόχοι του Percom δείχνουν πως οι εκφραστικές εφαρμογές ενσωματώνοντας φυσικούς χώρους, θα θέσουν εξαιρετικά υψηλές απαιτήσεις όσον αφορά την απόδοση του συστήματος εντοπισμού, ιδίως όσον αφορά την ακρίβεια(Για περισσότερα δες Ενότητα 5.2.2). Ο εντοπισμός στις εκφραστικές εφαρμογές πρέπει να επιδιώξει (1) να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ισχύος χωρίς να ‘θυσιαστεί’ η υψηλή ακρίβεια και οι ρυθμοί δειγματοληψίας, (2) να έχει μικρό φυσικό μέγεθος, που να επιτρέπει στη τεχνολογία να είναι ‘κρυμμένη’, όταν απαιτείται, (3) να μην επηρεάζεται από εξωτερικές δυνάμεις όπως είναι η κίνηση των ερμηνευτών ή των αντικειμένων που παρακολουθούνται από τη συσκευή, (4) να επιλύει τα σφάλματα θέσης-εντοπισμού και να υπάρχει αρκετά καλή ανάλυση έτσι ώστε τα λάθη αυτά να μην είναι οπτικά αντιληπτά από το κοινό, (5) να επιτυγχάνεται η σταθερότητα (επαναληπτικότητα) και στη δράση και στη ‘στάση’, (6) να λειτουργεί αθόρυβα, (7) να υπάρχει ανάλογη κλίμακα-μέτρηση θέσης για τα αντικείμενα που βρίσκονται κοντά μεταξύ τους.

1.4.3. Ευελιξία διεπαφής

Το έργο στο HyperMedia Studio έχει απαιτήσει τη δημιουργία διασυνδέσεων για ένα ευρύ φάσμα συσκευών, από μεγάλης κλίμακας συστήματα παραγωγής[13] έως πίνακες απλών αισθητήρων και ενεργοποιητών[78]. Ο Kolo, που περιγράφεται στην Ενότητα 5.4.1, δημιουργήθηκε για να αντιμετωπιστεί η έλλειψη middleware και να υποστηρίξει την επικοινωνία με απλό τρόπο. Ενώ αναμένεται ότι οι προγραμματιστές συστημάτων γενικά θα χρειαστεί να κατασκευάσουν χαμηλού επιπέδου διεπαφές, η άτυπη ή μη προβλεπόμενη ενσωμάτωση συσκευών σε ένα πλαίσιο Percom θα πρέπει να υποστηρίζεται καλά στη γενική προσέγγισή του. Αυτό αποτελεί ουσιαστικά την αναγκαιότητα ύπαρξης του ‘γεφυρωτικού’ ρόλου του Percom, ως προϋπόθεση για να είναι όλοι οι άλλοι ρόλοι επιτυχείς. Με τη δημιουργία αρχιτεκτονικής Percom επιτρέπεται η εύκολη εφαρμογή των απρόβλεπτων απλών δικτύων βασισμένων στις διασυνδέσεις, ενώ η ερευνητική κοινότητα θα μπορούσε να πειραματιστεί στον τομέα αυτό και να υλοποιήσει τις νέες ιδέες[57].

1.4.4. Drill-down: επιτρέπει στα επίπεδα αφαίρεσης να ‘απομακρυνθούν’

Στην Ενότητα 3.1, προτείναμε ότι οι τρέχουσες γενικεύσεις δεν υποστηρίζουν ‘εκλεπτυσμένο’ έλεγχο των συστημάτων γεφύρωσης, όπως το θεατρικό φωτισμό, τη στιγμή που μια διεπαφή έχει δημιουργηθεί. Αυτό υποδηλώνει μια συμπληρωματική απαίτηση για το παραπάνω. Παραδοσιακά, για να εντοπιστούν τα προβλήματα λογισμικού Percom, γίνονται διάφορες υποθέσεις, περιορίζοντας τη μελλοντική χρήση των εγγενών δυνατοτήτων των συσκευών. Ενώ η ικανότητα του ερωτήματος «είναι το φως ανοικτό στο θέατρο» είναι απαραίτητη για ορισμένες υποβοηθητικές και διαχειριστικές συναρτήσεις(και υποστηρίζεται από το Sylph), ο σχεδιασμός του φωτισμού για μια συγκεκριμένη σκηνή απαιτεί τη ρύθμιση πολλών εκατοντάδων επιπέδων φωτισμού, κάτι που υποστηρίζεται από το Kolo. Όσο μεγάλη βοήθεια και να παρέχεται, ο καλός έλεγχος θα εξακολουθεί να απαιτείται σε ορισμένες περιπτώσεις και μπορεί να μην χρειάζεται το υψηλό επίπεδο αφαίρεσης για να είναι χρήσιμος. Μια κατάλληλη προσέγγιση Percom θα επιτρέψει τόσο την πρόσβαση στις επιμέρους ρυθμίσεις του φωτισμού, όσο επίσης και τη συγκέντρωση και χειρισμό των ερωτημάτων σε υψηλότερα επίπεδα της αφαίρεσης.

1.4.5. Καθοδηγούμενη εγκατάσταση-ρύθμιση

Μέχρι τώρα, ακόμη και τα απλά συστήματα Percom χρειάζονται πολύ χρόνο για να εγκατασταθούν και να ρυθμιστούν. Εξίσου προβληματικό είναι και το γεγονός για τις εκφραστικές εφαρμογές, που συχνά δεν μπορούν να επαναρυθμιστούν χωρίς την παρέμβαση των ειδικών-μηχανικών του συστήματος, ακόμη και μετά τη σχεδιάσή τους. Η εγκατάσταση πρέπει να είναι λιγότερο χρονοβόρα σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών Percom που περιγράφονται στην Ενότητα 3. Η τέχνη και η διασκέδαση περιέχουν ήδη πειραματικές και πρωτότυπες διαδικασίες αλλά χρειάζονται την προσθήκη νέων δυνατοτήτων για τη χαμηλής πολυπλοκότητας λειτουργία τους. Αυτό δείχνει ότι θα ωφεληθούν στο μέγιστο από την πραγματικού χρόνου ‘βοήθεια’ στην ρύθμιση των συσκευών, παρέχοντας επιβεβαίωση των κατάλληλων RoR και της αναγκαίας ασύρματης κάλυψης.

Η παραγωγή κινηματογραφικών ταινιών, η ζωντανή εκτέλεση και τα νέα είδη απαιτούν συνήθως την ταχεία ανάπτυξη, με μεγαλύτερους χρόνους στο σχεδιασμό μουσείων. Θα απαιτηθούν τελικά λύσεις σε όλο αυτό το ευρύ φάσμα για την καθοδήγηση της ανάπτυξης και εγκατάστασης που επιτρέπουν την αλλαγή προτεραιότητας μεταξύ του χρόνου ανάπτυξης και της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών, αν αναπτυχθεί μια κοινή πλατφόρμα. Μόλις υπάρξουν τέτοιες λύσεις, η εξέταση της καθοδηγούμενης ανάπτυξης σε άλλα σημεία της εγκατάστασης θα μπορούσε να διερευνηθεί. Για παράδειγμα, οι τεχνολογίες Percom θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην ταχεία εγκατάσταση και στον έλεγχο των συστημάτων στις περιόδους των παραστάσεων. Οι παραστάσεις αυτές μετακινούνται τακτικά και συχνά έχουν πολύ λίγο χρόνο για τη ρύθμιση των τεχνικών πολύπλοκων συστημάτων τους, ενώ δέχονται και τεράστιες δημιουργικές και οικονομικές πιέσεις. Τα συστήματα Percom που ενσωματώνονται στον εξοπλισμό της παραγωγής θα επέτρεπαν σε τέτοια περιβάλλοντα να αναπτυχθούν πιο αποτελεσματικά και να συντονιστούν πιο γρήγορα, αρκεί και αυτά να απαιτούν εύκολη εγκατάσταση και ρύθμιση.

1.5. Προσέγγιση

Χρησιμοποιώντας στοιχεία που δημιουργήθηκαν στο UCLA, αναπτύσσεται ένα ευέλικτο σύστημα αρχιτεκτονικής η οποία θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις σχεδιασμού της Ενότητας 4 και θα αποτελεί ένα μέσο για την εξερεύνηση των απαιτήσεων του χρόνου εκτέλεσης που αναφέρονται στην Ενότητα 6. Η αρχιτεκτονική αναπαρίσταται στο Σχήμα 1 και υποστηρίζει διάφορα είδη διαμορφώσεων που απαιτούνται από τις εκφραστικές εφαρμογές. Η συνδεσιμότητα στο διάγραμμα είναι κάθετη μεταξύ των blocks. Τα πολλά μονοπάτια από το υλικό στις υπηρεσίες και στα επίπεδα εφαρμογών διευθυνοδοτούν άμεσα τις ‘ευέλικτες’ δείχνει τα επίπεδα της υποδομής Percom, η οποία εκτός από ένα σύνολο υπηρεσιών λογισμικού σήμερα περιλαμβάνει υλικό σε τρεις ευρείες κατηγορίες: την κλάση mote (MICA motes), την super mote κλάση (iBadge και MK2, δες Ενότητα 5.1), και την micro server κλάση (π.χ., η Intel Stargate). Οι ενσωματωμένες πλατφόρμες υλικού τρέχουν Sensor OS (SOS), TinyOS, ή, στην περίπτωση των μικρό-servers, το λειτουργικό σύστημα Linux. Το SOS είναι ένα λειτουργικό σύστημα για την κατηγορία των mote class και super-mote class ασύρματων δικτύων αισθητήρων που αναπτύχθηκαν από το NESL[67]. Λόγω της υποστήριξης του πυρήνα για δυναμική εγκατάσταση λογισμικών firmware και για την ασύρματη κατανομή και επαλήθευσή τους, το SOS είναι κατάλληλο για να χειριστεί την ανάπτυξη και το γρήγορο “φόρτωμα”(retasking) των κόμβων που απαιτούνται στα συστήματα Percom για την επίτευξη της εκφραστικότητας. Τη δυνατότητα να εγκαταστήσει νέα στοιχεία, να αντικαταστήσει τα ελαττωματικά και να τροποποιήσει άλλα που ήδη υπάρχουν, χωρίς να χρειάζεται να αλληλεπιδρά άμεσα με τις συσκευές, ή να ασχολείται με τις ακριβείς θέσεις και την ποσότητά τους, υποστηρίζει η ιδιοδεκτική διαχείριση που αναφέρεται στις Ενότητες 2 και 3.

Βασικές run-time υπηρεσίες, όπως είναι ο χρόνος συγχρονισμού και εντοπισμού, βρίσκονται στην κορυφή των επιπέδων αρχιτεκτονικής αυτών των λειτουργικών συστημάτων και οι

οποίες καθορίζουν την «αίσθηση» του χώρου και του χρόνου (Ενότητες 4.1 και 4.2). Τα εργαλεία αλληλεπίδρασης(local interactive tools) χρησιμοποιούν αυτές τις υπηρεσίες στη συσκευή ή στο επίπεδο υποδομής Percom και όχι μέσω μίας συσκευής γενικής χρήσεως που να βρίσκεται στο δίκτυο σε οποιοδήποτε σημείο του. Ένα παράδειγμα για το παραπάνω αποτελεί το εργαλείο καθοδηγούμενης εγκατάστασης-ρύθμισης του NESL, GUIDE, το οποίο εγκαθίσταται σε κάθε mote και super-mote συσκευή και δεν απαιτεί τη σύνδεση με κάποιο middleware υψηλότερου επιπέδου. Λειτουργεί με έναν κατανεμημένο τρόπο, χρησιμοποιώντας μόνο τους ήδη ανεπτυγμένους κόμβους ως υποδομή του, για να οδηγήσει την υλοποίηση κάθε νέου κόμβου, και είναι υλοποιημένο σύμφωνα με τις απαιτήσεις που περιγράφονται στις Ενότητες 4.5 και 5.3.1.

Το Σχήμα 1 απεικονίζει το middleware, το οποίο προσφέρει διάφορα μονοπάτια από την εφαρμογή έως την ενσωματωμένη υποδομή και τα οποία ανάφέρονται στην Ενότητα 5.4. Αυτά, παρέχουν τα διάφορα επίπεδα γενίκευσης και τις βασικές υπηρεσίες που απαιτούνται για τους διαφορετικούς Percom ρόλους. Η σύνδεση με τις συσκευές μέσω του Sylph, για παράδειγμα, προσφέρει μία πραγματικά απλοποιημένη διεπαφή συγκέντρωσης δεδομένων, η οποία διευκολύνει τη διαχείριση και την παρακολούθηση, ενώ οι εφαρμογές έχοντας ανάγκη τη γεφύρωση μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Kolo για τη διαχείριση της ροής δεδομένων μεταξύ των συσκευών. Όπου χρειάζεται οργανωμένος υψηλού επιπέδου έλεγχος πάνω στις πολλές κατανεμημένες Kolo-συνδεδεμένες διεργασίες, ο Nebesko παρέχει μία επαυξημένη βασισμένη σε FSM scripting γλώσσα προγραμματισμού. Αυτό παρέχει μία πλατφόρμα για την μελέτη του πιο “εκλεπτυσμένου”, σε επίπεδο εφαρμογής, συγχρονισμού που αναλύεται στην Ενότητα 4.1.

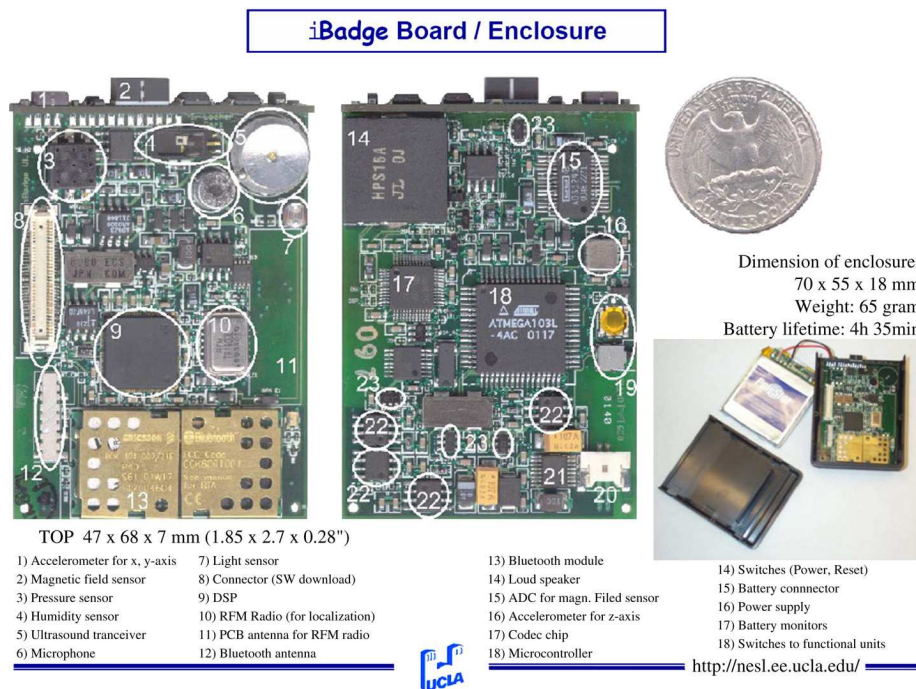
1.5.1. Υποδομή Percom (πλατφόρμες hardware)

Υπάρχουν πολλές ευρέως διαδεδομένες πλατφόρμες hardware, με πιο αξιοσημείωτη στις Ηνωμένες Πολιτείες να είναι η Berkeley / Crossbow 's MPR (Mote) οικογένεια πλατφόρμων[21]. Οι εκφραστικές εφαρμογές σε γενικές γραμμές εξυπηρετούνται καλά από τους τυπικούς στόχους του σχεδιασμού των ελαφριών, μικρού μεγέθους, και χαμηλής ισχύος πλατφορμών υλικού με διάφορες δυνατότητες ανίχνευσης. Η NESL και το Embedded Networked Sensing - CENS έχουν αναπτύξει δύο πλατφόρμες, την iBadge και την MK2, οι οποίες περιλαμβάνουν το ίδιο γενικό μοντέλο εφαρμογών ανίχνευσης τους Motes, αλλά ενσωματώνουν επιπλέον δυνατότητες που αποδεικνύονται χρήσιμες στις εκφραστικές εφαρμογές. Μία πρόσθετη πλατφόρμα, η Nerve, αναπτύσσεται μέσω εφαρμογών της τέχνης και ψυχαγωγίας.

1.5.1.1. iBadge

Η iBadge αναπτύχθηκε μέσω του project της NSF «Έξυπνο Νηπιαγωγείο»(SmartKG-Smart Kindergarden), το οποίο διερευνεί τις χρήσεις των συσκευών Percom για την αξιολόγηση στην προσχολική εκπαίδευση[47](Σχήμα 8). Ο στόχος του SmartKG ήταν να βοηθήσει τους γονείς και τους δασκάλους στην αξιολόγηση της μάθησης των μαθητών και στην κοινωνική αλληλεπίδραση. Οι απαιτήσεις σχεδιασμού για την τάξη έχουν πολλά κοινά στοιχεία με εκείνες για την τέχνη και τις εφαρμογές ψυχαγωγίας που περιγράφονται παραπάνω. Η συσκευή είναι πολλαπλών-μέτρων(multi-modal) και χρησιμοποιείται από μη επαγγελματίες, είναι σταθερή και εύκολο να αναπτυχθεί. Η iBadge περιέχει μια ακολουθία αισθητήρων που μπορούν να μετρήσουν το φως, την επιτάχυνση, τον προσανατολισμό, τη θέση (μέσω υπερήχων), την πίεση, τη θερμοκρασία, τον ήχο, και τα μαγνητικά πεδία με διαφορετικούς βαθμούς πιστότητας. Είναι αρκετά μικρή και ελαφριά και μπορεί να “φορεθεί” άνετα. Έχει και Περιέχει ένα δέκτη χαμηλής ισχύος κλάσης Mote και έναν πομποδέκτη Bluetooth. Ο μικροελεγκτής του είναι εφοδιασμένος από ένα DSP, που του επιτρέπει την εκτέλεση εργασιών όπως την αναγνώριση ομιλίας[58]. Η πλατφόρμα αυτή χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ατόμων και μεγάλων εξοπλισμών στο Advanced Technology for Cinematography project. Η επόμενη γενιά σχεδιάζεται έτσι ώστε να ενσωματώσει πρόσθετη υποστήριξη για

τις απαιτήσεις των παραπάνω με βάση την εμπειρία του HyperMedia Studio με τα συστήματα εντοπισμού[13], και διακριτών αισθητήρων[78].



Σχήμα 7. πλατφόρμα ibadge του UCLA NESL

1.5.1.2. MK2

Η πλατφόρμα MK2 (Σχήμα 9) σχεδιάστηκε για να λειτουργεί ως σταθερή υποδομή, και δεν έχει την εκτεταμένη - ενσωματωμένη ακολουθία αισθητήρων της iBadge. Προγενέστερα, οι μικρές πλατφόρμες χαμηλής ισχύος, όπως οι motes δεν είχαν επαρκή ικανότητα επεξεργασίας για πολύπλοκους υπολογισμούς δεδομένων. Η MK2 συμπληρώνει ένα περιορισμένο μικροελεγκτή με μία πιο εξελιγμένη CPU ARMThumb 40 MHz[45]. Τα δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιήσουν λίγο μεγαλύτερες, χαμηλότερου κόστους συσκευές όπως η MK2 ως σταθμούς βάσης και μετάδοσης χωρίς τους περιορισμούς μεγέθους, βάρους και ισχύς που είχαν οι άλλες πλατφόρμες. Η επιπρόσθετη μαθηματική “δύναμη” που είναι διαθέσιμη στη MK2 αυξάνει την ακρίβεια στους υπολογισμούς. Για τις εκφραστικές εφαρμογές, τέτοιες συσκευές λειτουργούν ως διεπαφές ανθρώπου-δικτύου και η ‘ανταπόκριση’ αποτελεί τη βασική γραμμή σε όλες τις φάσεις: ανάπτυξη, πείραμα, εκμάθηση και χρόνος εκτέλεσης.



Σχήμα 8. πλατφόρμα MK2 του UCLA NESL

1.5.1.3. Nerve / Ragobot

Η εξερεύνηση των εκφραστικών εφαρμογών που χρησιμοποιούν τη MK2, την iBadge, την Mote, και άλλες πλατφόρμες έχει φέρει στην επιφάνεια διάφορες απαιτήσεις υλικού που δεν εμφανίζονται στα τυπικά δίκτυα αισθητήρων ή στην ευρύτερη έρευνα πάνω στο διάχυτο υπολογισμό. Και τα δύο αυτά υποστηρίζουν τη μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, τη σταθερότητα παρά την περιορισμένη συνδεσιμότητα και την αξιοπιστία παρά τις όποιες αποτυχίες του συστήματος. Με λιγότερη συνέπεια επιτυγχάνουν τους κοινούς περιορισμούς για τις εκφραστικές εφαρμογές που συμπεριλαμβάνουν την οπτική ‘λεπτότητα’, τη λειτουργικότητα σε σκληρά θερμικά περιβάλλοντα, τη γρήγορη δειγματοληψία, τη μικρή περίοδο αδράνειας συστήματος και το υψηλό εύρος ζώνης δεδομένων, την ικανοποιητική ακρίβεια και βαθμονόμηση, το χρονικό συγχρονισμό, την απλότητα χρήσης, την ποικιλία υποδομών και τις απαιτήσεις για ταχεία ανάπτυξη. Αυτός ο συνδυασμός περιορισμών, που οδηγεί τις μελλοντικές γενιές του iBadge και MK2, είχε επίσης ως αποτέλεσμα η NESL / CENS να αναπτύξει δύο νέες πλατφόρμες: τη Nerve και τη Ragobot. Η υλοποίηση της Nerve απορρέει από την άμεση συνεργασία με το HyperMedia Studio και έχει σχεδιαστεί ειδικά για την υποστήριξη των ιδιοτήτων όπως το γεφύρωμα, την υποβοήθεια και την ιδιοδεκτικότητα. Το σύστημα είναι ικανό για την λήψη μεγάλου όγκου δεδομένων, τη μεταφορά και την επεξεργασία για την εκπλήρωση των τεχνικών απαιτήσεων της Ενότητας 4. Ουσιαστικά,

υπάρχει η ελπίδα ότι αυτό το σύστημα θα αποτελέσει ένα βασικό στοιχείο των εκφραστικών μέσων. Είναι εξοπλισμένο έτσι ώστε να διευκολύνει την ψηφιακή επεξεργασία/φιλτράρισμα σήματος, τη μικρή περίοδο αδράνειας κατά τη διάρκεια λήψης δεδομένων και τη διατήρηση υψηλών ρυθμών δεδομένων στις ασύρματες επικοινωνίες. Η ικανότητα DSP υποστηρίζει τον εντοπισμό. Τα παραδοσιακά συστήματα Percom, συχνά στερούνται της επεξεργαστικής ισχύς που απαιτείται για την εκτέλεση της πολύπλοκης διαδικασίας της 'ογκομετρικής ανάλυσης' που απαιτείται για τον εντοπισμό και αναγκάζονται να κάνουν με λιγότερη ακρίβεια τους υπολογισμούς, μειώνοντας την πιστότητα του εντοπισμού. Ως εκ τούτου, η υψηλή ακρίβεια των συστημάτων Percom πρέπει να διαθέτει υλικό εξοπλισμό για την εκτέλεση των προηγμένων υπολογισμών.

Η πλατφόρμα Nerve είναι μέρος ενός διάχυτου συστήματος υπολογισμού με ελεγχόμενη κινητικότητα(αυτό-προωθούμενο) που ονομάζεται Ragobot και αναπτύχθηκε στη NESL / CENS. Αυτό προβάλλει την πλατφόρμα κινητών δικτύων αισθητήρων που σχεδιάστηκε για να επιτρέψει ένα πραγματικού-κόσμου ενεργό περιβάλλον παιχνιδιού, στο οποίο οι χρήστες χειρίζονται ρομπότ για να επιτύχουν τους στόχους τους. Σε αντίθεση με άλλα συστήματα Percom, τα ρομπότ πρέπει να συντονίζουν ιδιοδεκτικές λειτουργίες (π.χ., τη φόρτιση μπαταριών), να μπορούν να συντονιστούν με άλλα συστήματα του περιβάλλοντος και να διατηρούν μία στοιχειώδη παρουσία ως κεντρικοί "ηθοποιοί" στην εμπειρία, παρόλο που ελέγχονται από τους συμμετέχοντες χρήστες.

1.5.2. Υπηρεσίες χρόνου-εκτέλεσης(run-time services)

Σε αυτές τις πλατφόρμες υλικού συναντάμε κάποιες βασικές run-time υπηρεσίες(Βλέπε σχήμα 1), συμπεριλαμβανομένων το συγχρονισμό χρόνου, τον εντοπισμό και τη μοντελοποίηση της περιοχής υπευθυνότητας(κάλυψης). Οι υπηρεσίες αυτές διευθετούν την «αίσθηση» του χώρου και του χρόνου. Υποστηρίζουν σε επίπεδο εφαρμογής τη συγγραφή σε μηχανές γενικών σκοπών, μέσω του middleware που περιγράφεται στην Ενότητα 5.4, ενώ δίνουν τη δυνατότητα στα τοπικά εργαλεία αλληλεπίδρασης να παρέχουν σημαντικές υπηρεσίες στους χρήστες στο πλαίσιο του δικτύου Percom.

1.5.2.1. Συγχρονισμός χρόνου

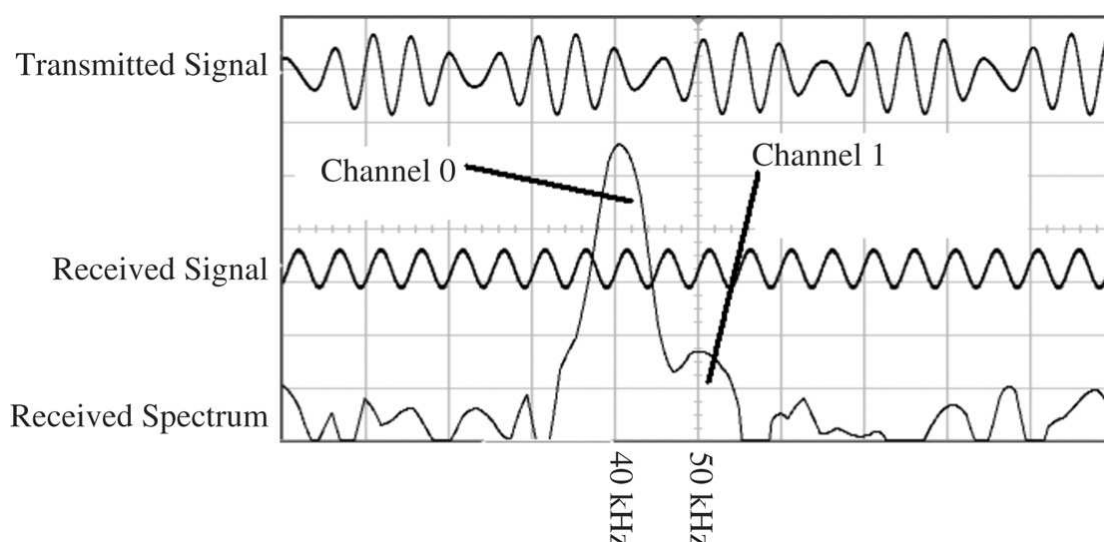
Η αρχική βάση της «αίσθησης του χρόνου», που αναλύεται στην Ενότητα 4, αναφέρει πως ο συγχρονισμός του χρόνου είναι μία run-time υπηρεσία που απαιτείται από πολλά στοιχεία του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των περισσότερων προσεγγίσεων εντοπισμού. Τα πολύπλοκα βασικά υπολογιστικά πρωτόκολλα όπως το πρωτόκολλο συγχρονισμού δικτύου (Network Time Protocol - NTP)[23] μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε γενικής χρήσης δίκτυα για το συγχρονισμό των ρολογιών των υπολογιστών-φύλλων του δικτύου. Ωστόσο, το NTP δεν είναι κατάλληλο για ενεργειακά περιορισμένα διάχυτα υπολογιστικά περιβάλλοντα. Η Ganerival et al. πρότεινε το Πρωτόκολλο συγχρονισμού για Δίκτυα Αισθητήρων (timing – sync protocol for sensor networks - TPSN)[35], το οποίο είναι απλό, ευέλικτο, και επιτρέπει αλλαγή ρυθμίσεων για τους περιορισμένους ενεργειακά διάχυτους υπολογιστικούς κόμβους. Η μελλοντική χρήση του TPSN στο ARS περιγράφεται στο τέλος της Ενότητας 3.5. Η κεντρική ιδέα του TPSN είναι να συγχρονίζει το ρολόι του αποστολέα μετά την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ ενός ζευγαριού κόμβων αισθητήρων. Υποθέτοντας ότι η ταχύτητα κίνησης του ρολογιού και η καθυστέρηση μετάδοσης δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια αμφίδρομης ανταλλαγής μηνυμάτων, ο αποστολέας μπορεί να υπολογίσει τη σχετική 'αλλοίωση' του ρολογιού μεταξύ των δύο κόμβων. Για να μειωθεί η απροσδιοριστία των σφαλμάτων συγχρονισμού, το TPSN προσημειώνει τα πακέτα στο Medium Access Control επίπεδο. Ο συγχρονισμός ολόκληρου του δικτύου μπορεί να επιτευχθεί μέσω του κατευθυνόμενου κυκλικού γραφήματος που σχηματίζεται από τους κατά ζεύγη συγχρονισμούς των κόμβων. Το TSPN έχει υλοποιηθεί στους Berkley Mica motes και έχει ακρίβεια των 17 με 18 μ s στους Mica1 και στους Mica2 motes αντίστοιχα[33,35].

1.5.2.2. Εντοπισμός

Η βάση της «αίσθησης του χώρου», ο εντοπισμός εξετάζεται στο NESL σε ένα νέο περιβάλλον. Για παράδειγμα η νέα πλατφόρμα Nerve(Ενότητα 5.1.3) θα ενσωματώσει την υποστήριξη στον εντοπισμό, η οποία ικανοποιεί τις απαιτήσεις που αναγράφονται στην Ενότητα 4.2. Σύμφωνα με την προηγούμενη εμπειρία στο Macbett και στο ATC project[51] πάνω στον εντοπισμό, πολλές εκφραστικές εφαρμογές χρειάζονται τουλάχιστον 25 διορθώσεις-θέσεως-το-δευτερόλεπτο σε κάθε κυβικό εκατοστό ακρίβεια. Για την επιλογή της προσέγγισης εντοπισμού, άλλες γνωστές τεχνικές αναλύθηκαν σύμφωνα με τις τυπικές απαιτήσεις του εκφραστικού τομέα.

Για παράδειγμα, η συσχέτιση της αντοχής του λαμβανόμενου σήματος (RSSI) με την απόσταση από τον πομπό είναι μια τεχνική που διερευνήθηκε από πολλούς[2,44]. Δυστυχώς, οι RSSI τεχνικές δεν προσεγγίζουν τις απαιτήσεις μας για ακρίβεια, και αυτό γιατί η διεργασία συσχέτισης είναι αρκετά δύσκολη λόγω της ύπαρξης διαφορετικών αντοχών για την κάθε συσκευή, το επίπεδο μπαταρίας, και τον προσανατολισμό της κεραίας. Η πρόσφατη εργασία πάνω στην απεικόνιση μέσω υπέρυθρων, ανίχνευσης στόχου και εντοπισμού έχει δώσει έμφαση είτε στη χαμηλή πολυπλοκότητα υλικού με κόστος τη μικρή ακρίβεια[5,15] είτε στην υψηλή ακρίβεια με κόστος την έντονη μαθηματική πολυπλοκότητα, τη βαθμονόμηση, τη συντήρηση και τη δαπάνη[38,52]. Τα προηγούμενα συστήματα δεν παρέχουν την απαιτούμενη ακρίβεια, ενώ τα τελευταία συστήματα δεν ανταποκρίνονται ικανοποιητικά για ένα μεγάλο αριθμό ανιχνευόμενων αντικειμένων, είναι πολύ μεγάλα, και είναι γενικά δύσκολα στο να αναπτυχθούν.

Η προσέγγισή μας χρησιμοποιεί τις μέσω υπέρηχων χρονικές διαφορές λήψης του σήματος από τρεις ή περισσότερους δέκτες (time difference of arrival-TDOA)[63]. Η βασική απλότητα και ακρίβεια της προσέγγισης αυτής, η διαθεσιμότητα χαμηλού κόστους στοιχείων του υλικού, η ‘ανοσία’ των μετρήσεων του χρόνου στις αποκλίσεις της έντασης του εκάστοτε σήματος, και οι σχετικά ελαφριές υπολογιστικές απαιτήσεις(για τη μέτρηση των αποστάσεων), κάνουν αυτό το είδος διακύμανσης να προσαρμόζεται πολύ καλά στα διάχυτα υπολογιστικά συστήματα.



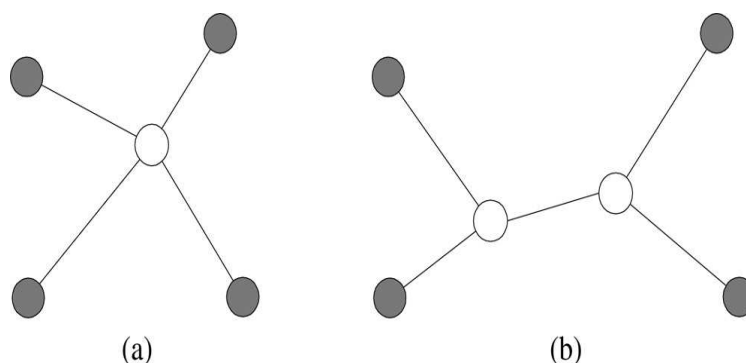
Σχήμα 9. Στον πομπό (επάνω), τα δύο κανάλια υπέρηχων είναι καλά απομονωμένα. Στο δέκτη (κάτω) τα κανάλια είναι πιο αδύναμα, αλλά ακόμα ενεργά. Το φάσμα του λαμβανόμενου σήματος εμφανίζεται στο παρασκήνιο.

Παρόλο που προηγείται ο κόμβος Medusa[63], μια TDOA προσέγγιση υπέρηχων που χρησιμοποιείται πλέον πιο συχνά είναι το MIT / Crossbow' s Cricket[66], το οποίο μπορεί να

προσφέρει πληροφορίες διακύμανσης με ακρίβεια περίπου ενός κυβικού εκατοστού[22]. Η TDOA πάνω σε ένα υπερ-ευρείας ζώνης (ultra wide – band UWB) ασύρματο σύστημα πρόσφατα έχει γίνει εμπορικά διαθέσιμη[74]. Για τις εκφραστικές εφαρμογές, τα τρέχοντα UWB συστήματα στερούνται της ικανοποιητικής ακρίβειας, με τα πιο διαδεδομένα συστήματα να επιτυγχάνουν εντοπισμούς μόνο σε ακτίνα του ενός κυβικού εκατοστού[31]. Στο μέλλον, είναι πιθανό ότι ο συνδυασμός προσέγγισης μέσω υπέρηχων και UWB θα είναι πολύ χρήσιμος στις εκφραστικές εφαρμογές, παρέχοντας μια πολύτιμη σειρά πλεονεκτημάτων υπέρ της ακρίβειας, της κάλυψης και της κατανάλωσης ισχύος.

Το νέο σύστημα υπέρηχων TDOA του NESL, που παρουσιάστηκε στο Sensys[51], περιλαμβάνει ένα ειδικά σχεδιασμένο ασφαλή-σε-αποτυχίες TDMA ring beaconing πρωτόκολλο (RBP)[32] για την κοινή χρήση του υπερηχητικού καναλιού. Οι σταθμοί μετάδοσης είναι οι (συνήθως σταθεροί) κόμβοι της υποδομής αυτής της μορφής, οι οποίοι οδηγούν την εκάστοτε υποδομή στον εντοπισμό των άλλων κινητών κόμβων. Οι στόχοι σχεδιασμού του RBP περιλαμβάνει (1) δέκτη υψηλής ευαισθησίας, (2) απομόνωση καναλιού, (3) εφαρμογή διαιτησίας από το σταθμό μετάδοσης για να επιτρέπει πολλαπλή πρόσβαση σε άλλους σταθμούς μετάδοσης πάνω στο κοινό φάσμα (το RBP θα επεκταθεί ώστε να χειρίζεται πολλαπλές διαύλους πέραν της τρέχουσας υποστήριξης για πολλαπλούς σταθμούς μετάδοσης ανά κανάλι), (4) η κινητικότητα των σταθμών μετάδοσης. Η νέα Nerve πλατφόρμα της NESL(Ενότητα 5.1.3) θα μειώσει την εξάρτηση στη στατική υποδομή. Στα τυπικά συστήματα, οι σταθμοί μετάδοσης δεν πρέπει να μετακινηθούν αφού υλοποιηθούν. Ωστόσο, πολλές απαιτήσεις για εκφραστικό Percom δείχνουν ότι η κινητικότητα των σταθμών μετάδοσης θα πρέπει να υποστηριχθεί. Για παράδειγμα, το εργαλείο GUIDE(Ενότητα 5.3.1) ‘οραματίζεται’ να εφαρμόζει ένα βρόχο ανάπτυξης-προσαρμογής, ο οποίος απαιτεί ανακατανομή των κόμβων. Το υλικό του Nerve θα μπορεί να εντοπίσει όταν θα έχει μετακινηθεί κάποιος κόμβος και να επανακτήσει τη θέση του χρησιμοποιώντας τις θέσεις των εναπομεινάντων σταθμών μετάδοσης. Αυτή είναι η αρχική ‘αίσθηση’ της χωρικής του κατάστασης.

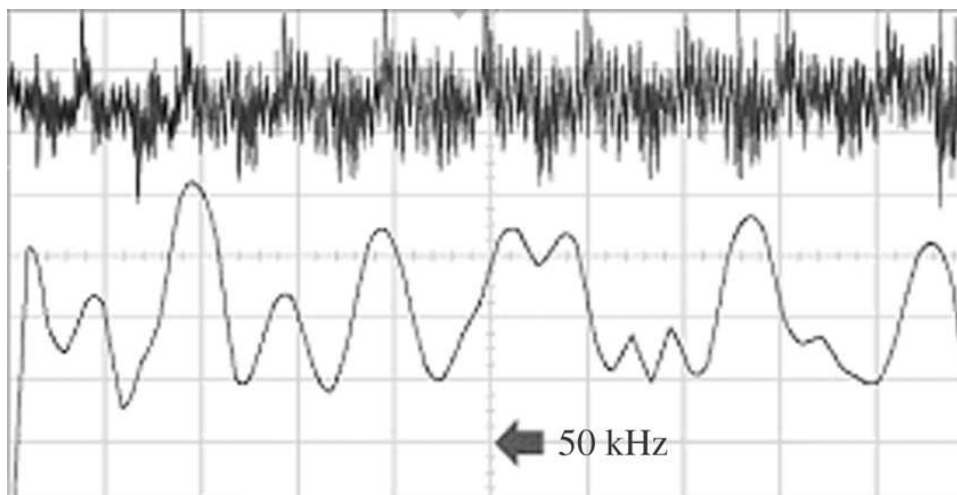
Χρησιμοποιώντας το RBP και τον ίδιο μετατροπέα που αναπτύχθηκε στις πλατφόρμες MK2(Ενότητα 5.1.2) και Κρίκετ[66], έχει παρουσιαστεί μία εφικτή προσέγγιση που αναφέρεται σε ταυτόχρονα-πολλαπλά υπερηχητικά κανάλια (Εικόνα 9). Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στο σύστημα να είναι απρόσβλητο από τη σειρά ανάπτυξης των σταθμών μετάδοσης, να είναι ικανό να υποστηρίζει δυναμικά την προσθήκη και διαγραφή σταθμών μετάδοσης και ικανό να μπορεί να λειτουργεί δοσμένου ενός αρχικού αριθμού σταθμών μετάδοσης. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τρέχουσα εφαρμογή του πρωτοκόλλου απαιτεί ότι όλοι οι σταθμοί μετάδοσης πρέπει να μην ξεπερνούν μία συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους. Μελλοντικά επιδιώκεται να χαλαρώσει αυτή η απαίτηση.



Σχέδιο 11. Περιπτώσεις multilateration: οι μαύροι κύκλοι αντιπροσωπεύουν τους σταθμούς μετάδοσης που γνωρίζουν τη θέση τους. Οι άσπροι κύκλοι δεν γνωρίζουν τη θέση τους και την υπολογίζουν.

Οι μέθοδοι εντοπισμού που χρησιμοποιούνται βασίζονται σε multilateration η-αλμάτων[63,64], που χρησιμοποιεί εκτιμήσεις ελάχιστου μέσου τετραγώνου (MMSE) για να ελαχιστοποιήσει τις διαφορές σε θορυβώδη περιβάλλοντα (Βλέπε Εικόνα 11 για παραδείγματα του ενός-άλματος και δύο-αλμάτων multilateration). Η ομάδα του ATC project ήταν σε θέση να αναπτύξει και να διατηρήσει ένα αρχικό σύστημα χρησιμοποιώντας αυτήν την προσέγγιση με 10 Hz ρυθμό εύρους(10 αποστάσεις / δευτερόλεπτο, που αντιστοιχεί σε 3,33 θέσεις / δευτερόλεπτο) για οκτώ ανιχνεύσιμα αντικείμενα. Οι περιορισμοί του φάσματος συχνότητας εμπόδισαν τη μεταφορά δεδομένων πέρα από τους σταθμούς βάσης, αλλά ο νέος Nerve δέκτης θα εξασφαλίσει το επιπλέον απαιτούμενο φάσμα συχνότητας. Ο καταναμεμένος ρυθμός εντοπισμού που παρουσιάστηκε με αυτές τις τεχνικές[51], παρόλο που είναι σημαντικά γρηγορότερος απ' ότι παλαιότερες εργασίες πάνω στην πλατφόρμα, παραμένει αργός για τις απαιτήσεις των εκφραστικών εφαρμογών.

Η ανάπτυξη των πρωτοτύπων εντοπισμού [20], αποκαλύπτει ένα άλλο κρίσιμο εμπόδιο για τα συστήματα υπερήχων- το θόρυβο λειτουργίας. Οι εκφραστικές εφαρμογές έχουν υλοποιηθεί συνήθως χρησιμοποιώντας εκλεπτυσμένο υλικό, μαζί με μηχανισμούς, οι οποίοι μπορούν να παρεμβαίνουν σε συστήματα υπερηχητικού φάσματος. Η εικόνα 12 δείχνει τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διοχετεύτηκαν σε ένα σύστημα κάμερας υπολογιστικά ελεγχόμενης-κίνησης, που βρίσκεται στο ImageG Studios, Inc., στο Burbank της Καλιφόρνιας, η οποία απεικονίζεται στην Εικόνα 13. Οι έντονες αρμονικές του θορύβου είναι ορατές σε όλο το υπερηχητικό φάσμα. Όπως προκύπτει από την Εικόνα 12, σε περιβάλλοντα με μεγάλους μηχανισμούς και υπερηχητικές πλατφόρμες, μπορεί να μην είναι σε θέση να λειτουργούν χωρίς μεγάλα λάθη.



Σχέδιο 12. Ο υπερηχητικός θόρυβος (στην κορυφή) ενός μεγάλου ελεγχόμενου συστήματος κάμερας ενώ μεταφράζει. Η φασματική αναπαράσταση του εν λόγω θορύβου φαίνεται παρακάτω. (Ο οριζόντιος άξονας είναι 10 kHz / χώρισμα.) Τα πλάτη των κορυφών είναι μεγάλα σε σχέση με την φυσιολογική ισχύ εκπομπής της MK2.



Εικόνα 13. Ελεγχόμενα-κινούμενο σύστημα κάμερας στο ImageG, στο Burbank της Καλιφόρνιας.

1.5.2.3. Περιοχή υπευθυνότητας (region of responsibility – ROR)

Η έννοια της παροχής εσωτερικών μοντέλων κάλυψης στις συσκευές Percom ώστε να είναι σε θέση να εκτιμήσουν την περιοχή της υπευθυνότητάς τους (RoR) για διαφορετικούς αισθητήρες και ενεργοποιητές προέκυψαν κατά την εξέταση των απαιτήσεων της καθοδηγούμενης ανάπτυξης. Δύο είναι οι βασικές σκέψεις σχετικά με την RoR των συσκευών Percom: (1) εάν, για ένα ειδικό μοντέλο, η υποδομή Percom καλύπτει μια συγκεκριμένη περιοχή, ή, αν όχι, πώς να καθορίσει το maximal breach path (‘μεγαλύτερο μονοπάτι παραβίασης’) της περιοχής, και (2) πού να τοποθετηθούν οι Percom υποδομές ώστε να εξασφαλίσουν στο χρήστη ότι οι καθορισμένοι στόχοι για RoR μπορούν να ικανοποιηθούν. Δεδομένου ότι το πρότυπο σημείο της κάθε περιοχής, είναι η πραγματική θέση των συσκευών Percom, ο εντοπισμός απαιτείται για να υπολογισθεί η RoR. Λαμβάνοντας υπόψη τις τοποθεσίες των συσκευών και ένα μοντέλο κάλυψης, το πρώτο ζήτημα μπορεί να επιλυθεί από τις υπάρχουσες τεχνικές όπως η [53], όπου γίνεται η υπόθεση της ύπαρξης ενός μοντέλου δίσκου ανίχνευσης και οι συγγραφείς επίσης παρουσιάζουν μεθόδους για να βρεθούν τα maximal breach path που βασίζονται στα διαγράμματα Voronoi, τα οποία μπορούν να υπολογιστούν από τις πληροφορίες του κάθε αισθητήρα. Το RoR πεδίο μελέτης μπορεί να γενικευτεί με τεχνικές που ενσωματώνουν τα γενικά χωρίς-δίσκο μοντέλα αισθητήρων και την ολική έκθεση για την αναπαράσταση της πιθανότητας εντοπισμού ενός κινούμενου αντικειμένου.

Όπως οι εκφραστικές εφαρμογές Percom θα πρέπει να επιτρέψουν μια επαναληπτική διαδικασία σχεδιασμού και υποστήριξης λειτουργίας κατά τη διάρκεια ανάπτυξης, οι χρήστες θα πρέπει να είναι σε θέση να επιτύχουν τους στόχους τους για κάλυψη με την ολοένα αυξανόμενη ανάπτυξη της Percom υποδομής αντί να περιμένουν να δουν εάν ένα ικανοποιητικό πλήθος περιοχών για κάθε μοντέλο αποκτάται στο τέλος μιας πλήρους ανάπτυξης. Μεγάλη έρευνα έχει γίνει πάνω στο σχεδιασμό της RoR για τα δίκτυα καταναμημένων συσκευών πριν ή μετά την ανάπτυξη [1,9,16,24,40,79,80], αλλά όλα χρειάζονται γνώση της τοποθεσίας. Όπως τα εκφραστικά συστήματα Percom πρέπει να λειτουργούν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, δεν μπορούμε να βασιζόμαστε στο να είναι πάντα διαθέσιμη η γνώση της θέσης. Οι συγγραφείς στο [16,26] διατυπώνουν προβλήματα

κάλυψης όπως προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης και παρουσιάζουν μεθόδους για την εύρεση ενός ελάχιστου αριθμού αισθητήρων και των θέσεών τους έτσι ώστε οι περιορισμοί κάλυψης να πληρούνται και το κόστος του αισθητήρα να ελαχιστοποιείται. Οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζουν το πεδίο του αισθητήρα ως ένα πλέγμα σημείων για τη μείωση του χώρου αναζήτησης λύσεων, οι οποίες δεν είναι πρακτικές σε ένα πραγματικό διάχυτο υπολογιστικό περιβάλλον. Το Bulusu et al. Παρουσίασε μία μέθοδο προσαρμογής στο χώρο των σταθμών μετάδοσης οι οποίοι αυξανόμενα βελτιώνουν την αρχική τυχαία ανάπτυξη[9]. Παρόλα αυτά, οι συγγραφείς υποθέτουν ότι το ρομπότ ή ο άνθρωπος μπορεί να καθορίσει τη γεωγραφική του θέση μέσω κάποιων μέσων(π.χ GPS). Μια άλλη προσέγγιση επιτυγχάνει τοπική βελτίωση μέσω της επαναληπτικής αναζήτησης του κάθε αισθητήρα και της μετακίνησής του προς κάποια καλύτερη θέση μετά από την αρχική τυχαία λειτουργία. Η μέθοδος αυτή απαιτεί αισθητήρα κινητικότητας καθώς και γνώση της θέσης του αισθητήρα. Δεδομένου ότι οι πληροφορίες θέσης δεν είναι διαθέσιμες, πρέπει να υπάρχουν κάποια τοπικά εργαλεία αλληλεπίδρασης για να βοηθήσουν το σχεδιασμό των RoR κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης.

1.5.3. Τοπικά εργαλεία αλληλεπίδρασης

Τα τοπικά εργαλεία αλληλεπίδρασης υποστηρίζουν την ανάπτυξη και λειτουργούν υποβοηθητικά. Χρησιμοποιώντας runtime υπηρεσίες και τις «αισθήσεις» του χώρου και χρόνου, ενεργούν πάνω στις συσκευές Percom χωρίς τη μεσολάβηση κάποιου middleware.

Ένα τέτοιο εργαλείο είναι το GUIDE.

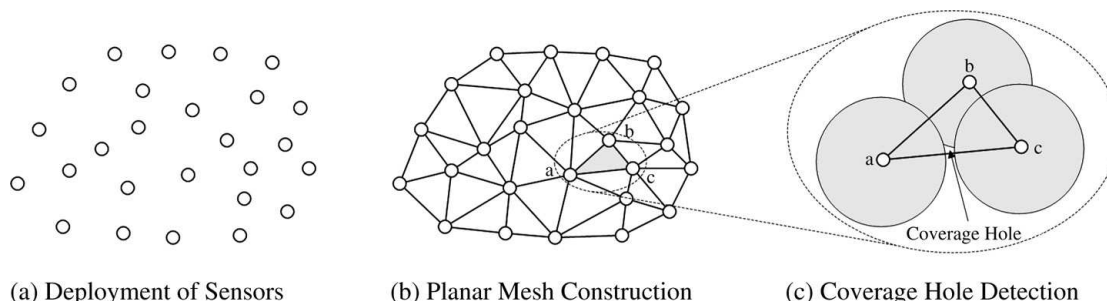
1.5.3.1. Καθοδηγούμενη-αυξητική ανάπτυξη (GUIDE)

Για να υποστηριχθεί η ταχεία, αυξητική ανάπτυξη των κόμβων, ικανοποιώντας παράλληλα τις απαιτήσεις εντοπισμού και κάλυψης, αναπτύσσεται ένα καθοδηγούμενο εργαλείο αυξητικής ανάπτυξης (το GUIDE). Για την σωστή λειτουργία των πολλών δικτύων αισθητήρων, ο ικανοποιητικός εντοπισμός και κάλυψη πρέπει να επιτευχθούν από την ανάπτυξή τους. Μέχρι τώρα οι μετρικές απόδοσης, όπως π.χ η περιοχή κάλυψης, είναι διαθέσιμες μόνο αφού έχει ολοκληρωθεί η ανάπτυξη των κόμβων. Το GUIDE στοχεύει να σπάσει το χρονοβόρο βρόχο ανάπτυξης και αξιολόγησης που απαιτείται ενεργοποιώντας τις συσκευές να ανατροφοδοτούν το σύστημα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους.

Για να υπολογίσει τις θέσεις των κόμβων, η τοπολογία της ανάπτυξής τους πρέπει να πληρεί συνθήκες εντοπισμού και μερικοί κόμβοι(π.χ οι σταθμοί μετάδοσης) πρέπει να γνωρίζουν τις θέσεις τους εκ των προτέρων. Ένας από τους πιο απλούς τρόπους για να προσδιοριστεί αν ένας κόμβος είναι ικανός να εντοπιστεί, είναι να ελεγχθεί εάν ο κόμβος μπορεί να μετρά την απόστασή του από τουλάχιστον τρεις πομπούς και ότι οι πομποί αυτοί δεν βρίσκονται στην ίδια νοητή ευθεία. Η επαλήθευση ύπαρξης κάλυψης θεωρείται ότι πρέπει να επιτευχθεί από τις μετρήσεις μιας πυκνής και τυχαίας ανάπτυξης(όπως π.χ μέσω του αέρα ανάπτυξη)[1,34,18,85]. Η προσέγγιση αυτή δεν είναι απαραίτητα ούτε ρεαλιστική για την αρχιτεκτονική(Ενότητα 3.2), όπου οι περιορισμοί για καλαισθησία περιορίζουν τα όρια που μπορούν να τοποθετηθούν οι πομποί, ούτε είναι εγγυημένη σε νέα είδη, λόγω του προϋπολογισμού και του περιορισμένου εξοπλισμού[Ενότητα 3.3]. Η υπόθεση αυτή είναι ιδιαίτερα προβληματική για την ανάπτυξη αισθητήρων στον κινηματογράφο και στην παραγωγή media[Ενότητα 3.4], όπου η τυχαία και πυκνή διάταξη είναι περιορισμένη λόγω της δυσκολίας του προσωπικού εργασίας στην ανάπτυξη και την εκ νέου συγκέντρωση των

πολλών αισθητήρων σε σύντομο χρονικό διάστημα ακολουθώντας παράλληλα τους περιορισμούς διάταξης του εξοπλισμού και επίτευξης ορατότητας.

Το GUIDE παρέχει ανατροφοδότηση στους χρήστες μέσω απλών διεπαφών στους κόμβους που υποδεικνύει πότε η θέση και ο προσανατολισμός τους επιτρέπουν στο δίκτυο να ικανοποιεί τους ελάχιστους απαιτούμενους περιορισμούς.



Σχέδιο 14. Τρία σημαντικά βήματα της καθοδηγούμενης ανάπτυξης. (Α) Κάθε κόμβος ανακαλύπτει τους γείτονες με βάση την ασύρματη συνδεσιμότητα και τη μεταξύ τους απόσταση. (Β) Το Planar mesh είναι κατασκευασμένο χρησιμοποιώντας την τεχνική τριγωνισμού, η οποία χωρίζει την περιοχή σε μη-επικαλυπτόμενα τρίγωνα. (Γ) Κάθε τρίγωνο αποτελεί την περιοχή υπευθυνότητας τριών κόμβων και κάθε τρίγωνο καθορίζει εάν οι απαιτήσεις απόδοσης (π.χ., κάλυψη) ικανοποιούνται.

Παραδείγματα τέτοιων απαιτήσεων απόδοσης περιλαμβάνουν την κάλυψη (RoR) αισθητήρων και ενεργοποιητών, τον εντοπισμό, και την συνδεσιμότητα. Ένα τυπικό σενάριο για τη χρήση του GUIDE έχει ως εξής: η ανάπτυξη των συσκευών των χρηστών χρησιμοποιεί την πειραματική γνώση για την απαραίτητη τελική κάλυψη που απαιτείται ώστε να ξεκινήσει η ανάπτυξη, και με τη βοήθεια των εργαλείων προσομοίωσης, και η ανατροφοδότηση από κάθε συσκευή υποδεικνύει την καλύτερη θέση για να τοποθετηθεί στο δίκτυο. Οι συσκευές Percom έχουν μοντέλα κάλυψης (μία «αίσθηση» της δικής τους RoR), καθώς και ad hoc συνδεσιμότητα με τους κόμβους εντός εμβέλειας. Κάθε κόμβος εκτιμάει τη ποιότητα της τρέχουσας ανάπτυξης του με βάση τις τοπικές γνώσεις και δείχνει αυτή την εκτίμηση στο χειριστή μέσω μιας απλής διεπαφής πάνω στην ίδια τη συσκευή, όπως σε μια οθόνη LED. Με βάση την ανατροφοδότηση, ο χειριστής προσαρμόζει τις θέσεις των αισθητήρων, και προσθέτει ή αφαιρεί συσκευές για καλύτερα αποτελέσματα ανάπτυξης. Οι κόμβοι μπορεί να είναι ετερογενείς στην κάλυψη, στο εύρος της επικοινωνίας και στην υπολογιστική ισχύ. Για πολύπλοκα συστήματα ή για συστήματα με πολύ αυστηρές απαιτήσεις, οι παραδοσιακές απαιτήσεις λειτουργίας θα μπορούσαν ασφαλώς να χρησιμοποιηθούν.

Το Σχήμα 14 παρουσιάζει τις βασικές διαδικασίες για την κατασκευή μιας τυπικής RoR για μια ομάδα αισθητήρων και για την επιβεβαίωση απόδοσης, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο κάλυψης-δίσκου. Υποθέτουμε ότι η μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ των γειτόνων είναι διαθέσιμη μέσω κάποιας τεχνολογίας, όπως αυτές που εξετάζονται στην Ενότητα 5.2.2. Το GUIDE μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε με αυξητική είτε με πλήρη ανάπτυξη αισθητήρων, όπως φαίνεται στην Εικόνα. 14 (α). Με βάση τις αποστάσεις μεταξύ των κόμβων, ένα Planar mesh(πλέγμα) είναι κατασκευασμένο με ένα κατανεμημένο τρόπο. Οι αισθητήρες χωρίζονται σε μη-επικαλυπτόμενες τριγωνικές περιοχές υπευθυνότητας (RoR). Για παράδειγμα, το σκιασμένο τρίγωνο είναι η από κοινού RoR των αισθητήρων a, b και c. Κάθε κόμβος ελέγχει εάν πληρούνται οι απαιτήσεις απόδοσης. Για παράδειγμα, το σχέδιο 14 (γ) δείχνει την ανίχνευση της τρύπας-κάλυψης για την RoR των αισθητήρων a, b και c. Στο σχέδιο 14 (γ), οι σκιασμένοι κύκλοι αντιπροσωπεύουν το εύρος ανίχνευσης. Σε αυτή την περίπτωση, η ύπαρξη της τρύπας μπορεί να ανιχνευθεί εύκολα από το γεγονός ότι η απόσταση μεταξύ των αισθητήρων a και c είναι μεγαλύτερη από ό,τι το άθροισμα του εύρους ανίχνευσης των αισθητήρων a και c. Ενεργοποιώντας την αυξητική και αλληλεπιδραστική ανάπτυξη των αισθητήρων και επιτρέποντας στους ανθρώπους να ενσωματώσουν τους περιβαλλοντικούς

περιορισμούς, το παρών τοπικό εργαλείο αλληλεπίδρασης οδηγεί τους χρήστες σε καλύτερη ποιότητα της ανάπτυξης.

Οι προκλήσεις για τους ερευνητές οφείλονται στο γεγονός ότι κάθε συσκευή πρέπει να εμπιστεύεται την συνδεσιμότητα και την μετρήσιμη απόσταση με τους άμεσους γείτονές της και πρέπει να έχει υπόψη του ότι το δίκτυο μπορεί να χωριστεί σε ομάδες και να μην είναι συνδεδεμένο με ένα κεντρικό υπολογιστή. Το Howard et al. ερεύνησε μία αυξητική μέθοδο αυτο-ανάπτυξης[42], και παρουσιάστηκε ένας αλγόριθμος ώστε τα ρομπότ να ανακαλύπτουν ένα άγνωστο περιβάλλον, μεγιστοποιώντας τις καλυπτόμενες περιοχές ενώ να διατηρούν την ορατότητα (συνδεσιμότητα) μεταξύ των ρομπότ. Τα ρομπότ, θεωρείται ότι έχουν την ικανότητα εντοπισμού με κάποια μέσα (π.χ. GPS) και οι υπολογισμοί κάλυψής γίνεται κεντρικά. Στόχος είναι μια καθοδηγούμενη μέθοδος για αυξητική ανάπτυξη που δεν βασίζεται στην υπόθεση ότι οι κόμβοι αισθητήρων γνωρίζουν τις τοποθεσίες τους εκ των προτέρων και μπορούν να λειτουργήσουν με ένα καταναμεμημένο τρόπο. Το Goldenberg et al. πρότεινε μία μέθοδο έξυπνης ανάπτυξης βασισμένης στο τεστ εντοπισμού-κόμβου[36]. Παρ' όλα αυτά, έχει υπόψη του για εντοπισμό μόνο τους σταθμούς μετάδοσης. Για την καθοδηγούμενη ανάπτυξη να βελτιώσει την κάλυψη των αισθητήρων, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι κατανομής για την ανίχνευση της ύπαρξης κάποιας τρύπας κάλυψης στην περιοχή των ανεπτυγμένων αισθητήρων. Έχουν σχηματιστεί μοντέλα RoR –κάλυψης για την ανίχνευση φωτός μέσω κάποιων απλών disk μοντέλων, τα οποία θα είναι πιο χρήσιμα στην media παραγωγή. Σχετική εργασία με την ενσωμάτωση τέτοιων μοντέλων στην καθοδηγούμενη ανάπτυξη αναφέρεται στην Ενότητα 5.2.3.

1.5.4. Middleware και εργαλεία συγγραφής

Για τον σχεδιασμό των εφαρμογών, το σύνολο των εκφραστικών τομέων που περιγράφονται στην Ενότητα 3, απαιτεί τη συνδεσιμότητα και επαλήθευση του συστήματος, του οποίου η πολυπλοκότητα αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στον πειραματισμό[13], από μη-προγραμματιστές. Χρησιμοποιούμε τον όρο authoring-συγγραφή για τη διαδικασία αυτή, και τη διακρίνουμε από το systems programming-προγραμματισμός συστήματος, ο οποίος απαιτείται για τη δημιουργία των στοιχείων, των υποδομών, καθώς και του middleware προγραμματισμού API της συσκευής διασύνδεσης. Τα εργαλεία συγγραφής πρέπει να υποστηρίζουν τη δημιουργία των έργων σε ατομικό και συνεργατικό επίπεδο, από επιστημονικές ομάδες μέσω επαναληπτικής διαδικασίας σχεδιασμού. Η αρχιτεκτονική συνδυάζει τρία διαφορετικά στοιχεία middleware: το Kolo, ένα πλαίσιο εργασίας Java-based για να χειρίζεται τον χαμηλού επιπέδου έλεγχο και τη διασύνδεση (καλωδίωση) μεταξύ του συνόλου των στοιχείων. Το *Sylph*, μια διεπαφή για δίκτυα αισθητήρων με χρήση SQL-like γλώσσας ερωτημάτων, και το Nebesko, μια script-γλώσσα που αναπτύχθηκε για να προσθέσει διαδραστικό έλεγχο στο Kolo και να υποστηρίξει την καταναμεμημένη κατάσταση διαχείρισης.

1.5.4.1. Kolo

Το Kolo[56] αποβλέπει στο να οδηγήσει τις προκλήσεις που αναδύονται από τη μεριά των αρχάριων συγγραφέων και από τη μεριά των έμπειρων προγραμματιστών, με τη γεφύρωση των συσκευών για τους εκφραστικούς σκοπούς. Το πλαίσιο Kolo στηρίζεται σε μια σειρά από απλές υποθέσεις: (1) η είσοδος του δικτύου στη λανθάνουσα κατάσταση και ο υψηλός ρυθμός δείγματος δεδομένων από αισθητήρες (π.χ., πληροφορίες για τη θέση από ένα σύστημα εντοπισμού) και ο αντίστοιχος έλεγχος (π.χ., του φωτισμού), αποτελεί τη βασική γραμμή για τη λειτουργικότητα πολλών νέων έργων τέχνης, (2) ο έλεγχος δεν μπορεί να μη φαίνεται πίσω από γενικεύσεις που δεν παρέχουν πρόσβαση σε αισθητικά σχετικές παραμέτρους, (3) μια χρήσιμη διεπαφή ελέγχου για τις περισσότερες συσκευές που χρησιμοποιούνται στον εκφραστικό τομέα μπορεί να θεωρηθεί ως μια συλλογή με όνομα αντικειμένων δεδομένων των οποίων οι τιμές (αριθμοί, συμβολοσειρές, λίστες, κ.λ.π.) μπορούν να αποτελούν τα inputs ή να οδηγούν την κατάσταση του output της εκάστοτε συσκευής, (4) πιο πρακτικά ο καταναμεμημένος έλεγχος μπορεί να υποστηριχθεί σε αυτό το

κοινό namespace επιτρέποντας στις τιμές των αντικειμένων στο namespace να 'διαβάζονται' και να αλλάζουν μέσω ενός αιτήματος ή μέσω ενός μηχανισμού δημοσίευσης/συνδρομής, (5) επιτρέποντας τις συνεχείς λειτουργικές σχέσεις μεταξύ των κατανεμημένων αντικειμένων, πολλά είδη αλληλεπίδρασης, ιδιαίτερα για τη διαμόρφωση του πρωτότυπου και τον πειραματισμό, μπορούν να υποστηριχθούν από αυτήν την άμεση «Καλωδίωση» εντός του πλαισίου.

Σε αντίθεση με άλλα προτεινόμενα πλαίσια για εκφραστικά Percom, όπως το ARIA[3], το Kolo προορίζεται για τον έλεγχο των πολυμέσων και όχι για τη διανομή περιεχομένου. Έχει διαπιστωθεί ότι ο έλεγχος πάνω σε απομακρυσμένες συσκευές αναπαραγωγής(ή σε διεργασίες σε γενικής χρήσεως μηχανές), αποτελεί συχνά κύριο μέλημα στη σημερινή ανάπτυξη των εκφραστικών έργων, και για αυτό έχει σχεδιαστεί το Kolo, για την απλοποίηση και την υποστήριξη. Μέσα από ένα συμπαγές Java-based API, οι προγραμματιστές μπορούν να επεκτείνουν το Kolo ώστε να υποστηρίζει τους νέους αισθητήρες ή τα media στοιχεία. Το Kolo έπειτα λειτουργεί ως μια γέφυρα επιτρέποντας τη διασύνδεση όλων των υποστηριζόμενων συσκευών. Για την προώθηση της ταχείας υιοθέτησης από τους προγραμματιστές, η Kolo API είναι σχεδιασμένη με σχετικά λίγες γενικεύσεις πυρήνα, ιδίως όταν συγκρίνεται με τα παραδοσιακά κατανεμημένα frameworks όπως το CORBA[29]. Το Kolo απαιτεί μόνο την κατανόηση έξι πραγμάτων: των knobs, των τιμών, της συνδρομής, των ομάδων, των σχέσεων, και των διαιτητών.

Το αντικείμενο δικτύου Kolo (Kolo Network Object - Knob) είναι βασικό δομικό στοιχείο του Kolo. Οργανωμένα σε δομή δέντρου, κάθε Knob έχει ένα όνομα και μπορεί να αναγνωρίζεται μοναδικά από το μονοπάτι του, μία οργανωμένη λίστα από τα ονόματα των προγόνων. Τα Knobs μπορούν να είναι προσβάσιμα από οποιαδήποτε διεργασία του δικτύου Kolo σαν να είναι τοπικά και μπορούν επίσης να δημιουργηθούν μέσω μιας απομακρυσμένης διεργασίας Kolo. Τα Knobs μπορούν να παίρνουν τιμές, οι οποίες μπορεί να αντανakλούν ή να επηρεάζουν την εσωτερική κατάσταση της συσκευής. Μια δυσκολία στη γεφύρωση ετερογενών συσκευών μέσω δικτύου, είναι η συμφωνία του τύπου δεδομένων. Αυτό οδήγησε στο να αναπτυχθεί μια ενιαία πολυμορφικού τύπου τιμή για το Kolo. Όταν η Java API κάνει πρόσβαση σε μία τιμή, ο προγραμματιστής πρέπει να ζητήσει να του επιστραφεί σε μία εγγενή μορφή, και το framework με διαφάνεια την επιστρέφει. Για να μπορούν να δηλώσουν έναν νέο αισθητήρα ή μία media συσκευή στο δίκτυο Kolo, οι προγραμματιστές επεκτείνουν τις υπάρχουσες Knob κλάσεις.

Οι συνδρομές είναι ο μόνος τρόπος για να μπορούν να τεθούν οι τιμές των Knob στο Kolo. Τα Knobs λαμβάνουν την τιμή τους από μία ή περισσότερες συνδρομές. Ένα Knob μπορεί να έχει πρόσβαση στην τιμή ενός άλλου Knob, ανεξάρτητα της θέσης τους στο δίκτυο. Για παράδειγμα, για τον έλεγχο της έντασης του φωτισμού που βασίζεται στην απόσταση ενός 'ανιχνεύσιμου' ηθοποιού από το κοινό, η ένταση του φωτισμού μπορεί να ελεγχθεί(subscribed) από την απόσταση Knob του ηθοποιού. Για τη μείωση της κίνησης του δικτύου και/ή της κατανάλωσης ισχύος, οι συνδρομές μπορούν να είναι βασισμένες στο χρόνο(περιοδικές), ή να προκαλούνται από κάποιο συμβάν ή ένας συνδυασμός των παραπάνω.

Οι βασικές χρήσεις του Percom συχνά επιθυμούν να συγχρονίζουν ομάδες μεμονωμένων συσκευών, π.χ., μια σειρά από φώτα που βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες. Μια ομάδα Kolo είναι ένα Knob που διατηρεί μια λίστα μελών, ως ένα παιδί Knob. Η τιμή της ομάδας είναι μια λίστα που συγκεντρώνει τις τιμές όλων των μελών της. Οποιαδήποτε ενέργεια μπορεί να εκτελεστεί σε ένα Knob μπορεί να εκτελεστεί και σε μια ομάδα και η ομάδα ζητά την εφαρμογή της ενέργειας σε όλα τα μέλη της. Έτσι το παιδί-ένταση της ομάδας των φώτων μπορεί να ελεγχθεί με μία απλή συνδρομή.

Ένα Knob του οποίου η τιμή καθορίζεται ως μία συνάρτηση των συνδρομών του ονομάζεται σχέση. Για παράδειγμα, το γνώρισμα της έντασης του φωτός μπορεί να ισούται με το ελάχιστο της απόστασης των δύο ηθοποιών από το κοινό τους δημιουργώντας μια σχέση η οποία να επιστρέφει το ελάχιστο της συνδρομής του και κάνοντας συνδρομή του φωτός σε αυτήν τη σχέση. Οι προγραμματιστές δημιουργούν σχέσεις μέσω του ίδιου του API όπως και για τα πρότυπα Knobs. Όπως όλα τα Knobs, οι σχέσεις μπορούν να δημιουργηθούν απομακρυσμένα, επιτρέποντας το 'φόρτωμα' της κατανομής. Σε πολύπλοκα

περιβάλλοντα, οι πολλαπλές σχέσεις μπορεί να ανταγωνίζονται για τον έλεγχο ενός γνωρίσματος[19]. Οι διαιτητές είναι προνομιακές σχέσεις που εξετάζουν τις ‘ανταγωνιστικές’ συνδρομές και καταλήγουν σε μια τιμή για τον Knob-‘νικητή’. Για παράδειγμα, η ‘Min’-ελάχιστη σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διαιτητής. Η χρήση των διαιτητών επιτρέπει τη συνεπή και με καλά-ορισμένο τρόπο αντιμετώπιση των αντικρουόμενων σχέσεων.

Ένα peer-to-peer(ομότιμο) δίκτυο από KnobManagers-Knob Διαχειριστές έχει αναλάβει τη λειτουργικότητα του Kolo δικτύου. Ένας KnobManager συμπεριφέρεται ως δαίμονας για την εκάστοτε Java διεργασία και υποστηρίζει 1) την δημιουργία, τη δήλωση και την ‘καταστροφή’ των Knobs, των σχέσεων και των ομάδων, 2) τη δημιουργία και τον τερματισμό των συνδρομών, και 3) ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των διαιτητών. Κάθε διεργασία Kolo πρέπει να απαρτίζεται τουλάχιστον από έναν KnobManager και κάθε KnobManager πρέπει να έχει μοναδική ταυτότητα. Όταν ένας Knob δημιουργείται, η παρουσία του δηλώνεται-‘μεταδίδεται’ σε όλους τους άλλους KnobManagers, οι οποίοι είναι συλλογικά υπεύθυνοι για τη διατήρηση της συνέπειας του namespace. Οι KnobManagers επιτρέπουν στους προγραμματιστές να μπορούν να δουλεύουν εξ αποστάσεως με τους Knobs λες και είναι τοπικά αντικείμενα. Επιπλέον οι KnobManagers επιχειρούν να μειώσουν την κίνηση στο δίκτυο με το να συγκεντρώνουν όταν είναι δυνατόν τα δεδομένα των συνδρομών.

Η εργασία πάνω σε διεπαφές μη-δικτυωμένων εφαρμογών που ερευνήθηκαν μέσω του Phidgets[83], περιλαμβάνει επίσης την ανάπτυξη εργαλείων για τη δημιουργία γραφικών που διευκολύνουν την παρακολούθηση, την προσομοίωση, και τη διαχείριση του δικτύου Kolo. Δουλεύοντας πάνω σε πρωτότυπα όπως τον Kolo Network Browser, ο οποίος επιτρέπει τη διαδραστική πλοήγηση των χρηστών στο δίκτυο Kolo και τη δημιουργία συνδρομών. Επιπρόσθετα το Kolo υποστηρίζει την Max, μία οπτική γλώσσα προγραμματισμού, η οποία χειρίζεται τις οπτικές προσεγγίσεις στη συγγραφή των εκφραστικών συστημάτων Percom.

1.5.4.2. Sylph

Το Kolo είναι ιδανικά προσαρμοσμένο ώστε να διευκολύνει τους πειραματικούς και βασικούς ρόλους του Percom. Και οι μεγαλύτερης κλίμακας εμπειρίες και οι βοηθητικές εφαρμογές μπορούν να κάνουν χρήση δεδομένων υψηλότερου επιπέδου ερωτημάτων και η βασισμένη στην ‘υπηρεσία’ προσέγγιση του Sylph, το middleware που αναπτύχθηκε για το SmartKG project του NSF που παρουσιάζεται στην Ενότητα 5.1.1 . Το Sylph παρέχει μια βάση δεδομένων που δίνει τη δυνατότητα για καταγραφή, αποθήκευση, αναζήτηση και αναπαραγωγή συμβάντων σε ένα πλούσιο media περιβάλλον. Αυτό περιλαμβάνει μια διεργασία εκκίνησης κατά την οποία τα αρχεία ‘επαλήθευσης’ καταγράφονται σε ένα μοντέλο (μέχρι τώρα στο Jini). Οι «Υπηρεσίες πληροφοριών», περιγράφονται στο μητρώο-registry του Jini και παρέχεται μια ενιαία διεπαφή για τον έλεγχο και τη λήψη δεδομένων από μια μεγάλη ποικιλία αισθητήρων. Ένα GUI επιτρέπει στους χρήστες να καθορίσουν νέες ενότητες καταγραφής και/ή να περιηγηθούν σε αποθηκευμένες ενότητες και να ελέγχουν την αναπαραγωγή. Η γλώσσα ερωτημάτων παρέχει ειδικά μέσα για τον έλεγχο των αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένου του ρυθμού δείγματος, το φίλτρισμα, τη διάρκεια, κ.λ.π. Με την είσοδο στο namespace του Kolo, το Sylph μπορεί να ενσωματώσει συσκευές, με τις οποίες το Kolo διασυνδέεται.

Το Sylph χρησιμοποιεί τρία είδη στοιχείων ανάλογα με το αντίστοιχο επίπεδο αφαίρεσης : τα μοντέλα αισθητήρων, τα μοντέλα ανακάλυψης υπηρεσιών, καθώς και έναν proxy πυρήνα[17]. Τα μοντέλα αισθητήρων για κάθε αισθητήρια υποδομή (π.χ. το bluetooth και οι Mica motes) είναι υπεύθυνα για την απευθείας επικοινωνία με το υλικό του αισθητήρα. Τα μοντέλα ανακάλυψης υπηρεσιών προβάλλουν τους διαθέσιμους αισθητήρες μέσω της υπηρεσίας αναζήτησης στις εφαρμογές του client-χρήστη. Ο proxy πυρήνα επεξεργάζεται τα ερωτήματα εφαρμογής και διαχειρίζεται τα δεδομένα μεταξύ των αισθητήρων και των μοντέλων ανακάλυψης υπηρεσιών. Με αυτόν τον μοντελοποιημένο σχεδιασμό, οι εφαρμογές client και οι εφαρμογές των σχεδιαστών μπορούν να χρησιμοποιήσουν το υλικό του αισθητήρα μέσα από μια απλή διεπαφή με υψηλού επιπέδου ερωτήματα.

Η γλώσσα ερωτημάτων υλοποιήθηκε για το Sylph middleware για την επανάκτηση του ρεύματος των δεδομένων των αισθητήρων[80]. Με τη γλώσσα ερωτημάτων, ο χρήστης και η

εφαρμογή μπορούν να καθορίσουν τα δεδομένα των αισθητήρων που θέλουν να τους επιστραφούν, μπορούν να δηλώσουν τους μετασχηματισμούς που επιθυμούν να γίνουν, όπως επίσης να καθορίσουν το ρυθμό δείγματος και τη διάρκεια. Η βασική μορφή ενός ερωτήματος είναι: “READ <πλειάδα δεδομένων>[WHERE <κατηγορηματική πρόταση>] [EVERY <διάστημα χρόνου>] [FOR <διάρκεια>]”. Ένα παράδειγμα ερωτήματος όπου επιστρέφεται η θερμοκρασία και η πίεση του περιβάλλοντος των αισθητήρων κάθε λεπτό για μία ώρα είναι : “READ θερμοκρασία, πίεση EVERY 1 λεπτό FOR 1 ώρα”.

Το σύστημα Sylph διαχειρίζεται την καταγραφή, πολυπλεξία και την υψηλού επιπέδου μετάφραση ερωτημάτων για τον διάχυτο υπολογισμό. Το Sylph είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για τον εκφραστικό Percom επειδή υποστηρίζει πολλαπλούς τύπους κόμβων αισθητήρων και επιτρέπει τη συγγραφή μικρού κώδικα Jini για κάθε νέο τύπο αισθητήρων. Στο χαμηλό επίπεδο, το Sylph βασίζεται στους operators-‘πράξεις’ SET και GET. Για παράδειγμα, στο Επαυξημένο σύστημα καταγραφής αισθητήρων, δηλώνονται γνωρίσματα όπως ο φωτισμός, η περίοδος και η εντολή. Για να ξεκινήσει το σύστημα να στέλνει δεδομένα, το interface του χρήστη (π.χ το Jini) “δημιουργεί” ένα μοντέλο ανακάλυψης υπηρεσιών για κάθε αισθητήρα και έπειτα θέτει τα ερωτήματα σε κάθε έναν από αυτούς με τη μορφή: “READ LIGHT EVERY 30 SECONDS”. Κάθε τέτοιο ερώτημα μεταφράζεται σύμφωνα με τις εντολές SET και GET ως εξής: “SET PERIOD 30 SECONDS” και “SET COMMAND=STARTSENDING”. Έτσι, το Sylph παρέχει μία κοινή μέθοδο για τις διεπαφές των χρηστών να αλληλεπιδρούν με τους κόμβους αισθητήρων.

1.5.4.3. Nebesko

Οι επαναληπτικές δημιουργίες κύκλων, οι οποίες απαιτούνται για τον εκφραστικό Percom, είναι παραδοσιακά καλά-υποστηριζόμενες από τις scripting γλώσσες. Η Nebesko είναι μια υψηλού επιπέδου scripting γλώσσα προγραμματισμού χτισμένη πάνω στο Kolo που συμπληρώνει την Sylph και τα εμπορικά πακέτα συγγραφής πολυμέσων, συμπεριλαμβανομένων των Max/MSP και Director(δες Ενότητα 2.1), για τα οποία το Kolo έχει επίσης διεπαφές. Η Nebesko είναι μια μεταγλωττίσιμη γλώσσα βασισμένη σε μια επαυξημένη πεπερασμένη κατάσταση μηχανής που επιτρέπει τη runtime δημιουργία και χειρισμό των διασυνδέσεων Kolo[56]. Ενώ το Kolo παρέχει ήδη διεπαφές για τα υπάρχοντα εργαλεία που χρησιμοποιούνται από τους καλλιτέχνες, το Director μέσω ενός ‘xtra’ και τα Max / MSP μέσω μίας συλλογής ‘αντικειμένων’, δεν είναι σχεδιασμένα για τη συγγραφή πάνω σε εκφραστικά Percom συστήματα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι δεν υποστηρίζουν τη σημαντική κατανομημένη διαχείριση κατάστασης που απαιτείται. Η Nebesko γεμίζει αυτό το κενό.

Οι συγγραφείς που χρησιμοποιούν Percom για την υλοποίηση εκφραστικών εμπειριών αντιμετωπίζουν σχεδόν τα ίδια προβλήματα με αυτά που αντιμετωπίζουν οι προγραμματιστές παιχνιδιών κατά τη δημιουργία αλληλεπίδρασης με έναν μεγάλο αριθμό αντικειμένων που είναι κατανομημένα σε ένα εικονικό περιβάλλον. Διάφορες προκλήσεις που προσπαθούν να λύσουν ειδικές scripting-gaming γλώσσες είναι: «Η μεγαλύτερη περιπλοκή στη C/C++ βασισμένη σε AI και η λογική προγραμματισμού παιχνιδιών έγκειται στην διαχείριση των συμβάντων που απαιτούν ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα του παιχνιδιού για να ολοκληρωθούν, και στα γεγονότα τα οποία εξαρτώνται από τη μορφή της κατάστασης του αντικειμένου. Στην C/C++, αυτό οδηγεί σε ένα κώδικα-‘σπαγγέτι’ που είναι δύσκολο να γραφτεί, να κατανοηθεί, να διατηρηθεί, και είναι δύσκολο το debug του»[73]. Με την παρόμοια διαχείριση της κατάστασης σε ολόκληρα τα εκλεκτικά και κατανομημένα δίκτυα που ενεργοποιούνται από τον Percom, η Nebesko αποσκοπεί στην υποστήριξη των βασικών εκφραστικών χρήσεων του Percom.

1.6. Συμπέρασμα

Έχουμε παραθέσει μία σειρά απαιτήσεων για pervasive computing οι οποίες είναι ευαίσθητες στην επίτευξη των στόχων και των μεθόδων σε πολλά πεδία της τέχνης και ψυχαγωγίας. Επίσης, παρουσιάστηκε μια αρχιτεκτονική Percom που αρχίζει να ενσωματώνει

αυτές τις ευαισθησίες και τις μοναδικές ερευνητικές προκλήσεις τους, και συζητήθηκε ένα δείγμα εφαρμογής, το ARS, χρησιμοποιώντας υπηρεσίες που διατίθενται στην αρχιτεκτονική. Συζητήθηκε επίσης, σχετική εργασία στις πλατφόρμες υλικού, στον εντοπισμό, στην ανάπτυξη, στο middleware και στα εργαλεία συγγραφής, καθώς και σε άλλα στοιχεία της αρχιτεκτονικής.

Προτάθηκε η μελλοντική έρευνα οδηγούμενη από τις ίδιες γενικές απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις αυτές μπορεί να φαίνονται τετριμμένες υπό το φως του τομέα των εφαρμογών. Σε δημοσίευσή του για τον «μη-αξιοσημείωτο υπολογισμό-’unremarkable computing’» ο Tolmie et al. quote Weiser αναφέρει, "Για τριάντα χρόνια οι περισσότεροι σχεδιασμοί γραφικών, και οι σχεδιασμοί υπολογιστών έχουν τραβήξει το δρόμο της «δραματικής» μηχανής. Το ιδανικό αυτής της πορείας είναι να δημιουργήσει έναν υπολογιστή τόσο συναρπαστικό, τόσο θαυμάσιο, τόσο ενδιαφέρον, που ποτέ δεν θα θέλαμε να είμαστε χωρίς αυτόν. Ένα λιγότερο ‘ταξιδεμένο’ μονοπάτι, το οποίο καλώ « το αόρατο», έχει ως ιδανικό να δημιουργήσει έναν υπολογιστή τόσο ‘ενσωματωμένο’, τόσο προσαρμοσμένο, τόσο φυσικό, που θα τον χρησιμοποιούμε χωρίς καν το σκεφτόμασταν »[82]. Ένας τρίτος εκφραστικός ρόλος της ψηφιακής τεχνολογίας, αφορά τις ‘αόρατες’, ‘μη-αξιοσημείωτες’ μηχανές, οι οποίες δεν έχουν μόνο ως στόχο την επίτευξη της παραγωγικότητας, της άνεσης και της ασφάλειας, στη διάρκεια της ζωής τους, αλλά και το να δημιουργήσουν μια αξιόλογη και θαυμαστή εκφραστική εμπειρία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Διευρυμένη Πραγματικότητα(Augmented Reality)

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Διευρυμένη πραγματικότητα, Augmented Reality (AR), είναι μια νέα τεχνολογία που περιλαμβάνει την εφαρμογή γραφικών στον πραγματικό κόσμο μέσω των ηλεκτρονικών υπολογιστών(Εικόνα 1). Για τη συγκεκριμένη τεχνολογία μία από τις καλύτερες μελέτες είναι αυτή του R. Azuma με τίτλο “A survey of augmented reality.” [89],η οποία περιέγραψε πολλά προβλήματα, και συνόψισε τις εξελίξεις μέχρι το 1997. Αυτό το έγγραφο παρέχει ένα καλό σημείο εκκίνησης για μελλοντική έρευνα αλλά είναι χρήσιμο και σε επίπεδο απλής χρήσης της τεχνολογίας AR. Η Διευρυμένη πραγματικότητα αποτελεί ένα μεγάλο παράδειγμα Διάχυτου υπολογισμού.

Σύμφωνα με τη μαθηματική ερμηνεία των συνόλων, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η AR τεχνολογία αποτελεί υποσύνολο του συνόλου της Μεικτής πραγματικότητας (MR), το οποίο περιέχει επίσης τους τομείς-σύνολα όπως την Εικονική Πραγματικότητα(VR),την τηλεπαρουσίαση(*telepresence*) και άλλες συναφείς τεχνολογίες.

Η Εικονική Πραγματικότητα είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για 3D περιβάλλοντα, τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες να εισέλθουν και να αλληλεπιδρούν με τα συνθετικά περιβάλλοντα[94][112][113]. Οι χρήστες μπορούν να "βυθίζονται" οι ίδιοι σε διαφορετικά επίπεδα στον τεχνητό αυτόν κόσμο, που μπορεί να είναι είτε προσομοίωση κάποιας μορφής της πραγματικότητας είτε προσομοίωση κάποιου σύνθετου φαινομένου.



Εικόνα 1: παράδειγμα AR με εικονικές καρέκλες και έναν εικονικό λαμπτήρα.

Στην τηλεπαρουσίαση, ένας από τους θεμελιώδεις στόχους είναι να μεταφερθεί ο έλεγχος του χειρισμού των λειτουργιών των αισθητήρων και της επίλυσης των διάφορων προβλημάτων που εμφανίζονται, σε ένα απομακρυσμένο περιβάλλον(*remote control*). Υπό την έννοια αυτή, η τηλεπαρουσίαση μπορεί να οριστεί ως ένα σύστημα ανθρώπου/μηχανής, στο οποίο ο χειριστής-άνθρωπος λαμβάνει επαρκείς πληροφορίες για τον υπολογιστή-μηχανή και το περιβάλλον διεργασιών, οι οποίες του εμφανίζονται με ένα αρκετά φυσικό τρόπο, ώστε ο χειριστής-άνθρωπος να αισθάνεται πως είναι παρόν στο

απομακρυσμένο περιβάλλον [111]. Παρόμοια με την εικονική πραγματικότητα, βάση της οποίας στοχεύουμε να επιτύχουμε την ψευδαίσθηση της παρουσίας μέσα σε ένα υπολογιστή προσομοίωσης, η τηλεπαρουσίαση αποσκοπεί στην επίτευξη της ψευδαίσθησης της παρουσίας σε μια απομακρυσμένη τοποθεσία.

Η AR μπορεί να θεωρηθεί μια τεχνολογία που έχει πολλά κοινά με την VR και την τηλεπαρουσίαση. Όμως, ενώ στη VR το περιβάλλον είναι εντελώς συνθετικό και στην τηλεπαρουσίαση είναι εντελώς πραγματικό, στην AR ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο επαυξημένο με εικονικά αντικείμενα.

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος AR, δίνουμε έμφαση σε τρεις πτυχές: (1) στο συνδυασμό των πραγματικών και εικονικών κόσμων (2) στην αλληλεπίδραση πάνω στον πραγματικό χρόνο και (3) στην καταγραφή του τρισδιάστατου κόσμου.

Μία φορητή συσκευή, όπως το στερεοσκοπικό κράνος (Head-Mounted- Display - HMD), θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αναδείξει το επαυξημένο σχήμα, όπως επίσης για το σκοπό αυτό διατίθενται και άλλες τεχνολογίες.

Εκτός από τις προαναφερθείσες τρεις πτυχές, θα μπορούσε να προστεθεί και άλλη μια: η Φορητότητα. Σε όλα σχεδόν τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας, ο χρήστης δεν επιτρέπεται να «ταξιδεύει» ανεξέλεγκτα εξαιτίας των συσκευών περιορισμού. Παρόλα αυτά μερικές AR εφαρμογές θέλουν να εξασφαλίσουν πως ο χρήστης θα «ταξιδεύει» σε ένα πραγματικά «μεγάλο» περιβάλλον. Έτσι η φορητότητα αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο στην AR τεχνολογία.

Για αυτές τις εφαρμογές, η καταγραφή στο 3D περιβάλλον γίνεται ακόμα πιο πολύπλοκη. Οι υπολογιστικές «φορητές» εφαρμογές γενικά παρέχουν, μη καταχωρημένες στο AR σύστημα, πληροφορίες κειμένου/γραφικών χρησιμοποιώντας ένα *monocular* («μονόφθαλμο») HMD. Αυτά τα συστήματα δεν αποτελούν AR σύστημα υπό τη στενή του έννοια. Γι' αυτό το λόγο, οι υπολογιστικές πλατφόρμες και γενικά η έξοδος των φορητών συσκευών που χρησιμοποιούνται στην AR, πρέπει να υλοποιούνται για πιο γενικές εφαρμογές (δες κεφάλαιο 3).

Η έρευνα πάνω στην Διευρυμένη πραγματικότητα ξεκίνησε εδώ και δέκα περίπου χρόνια. Όμως τα τελευταία μόλις χρόνια, η ανάπτυξη και η πρόοδός της έγινε αξιόλογη [97], καθώς τότε ήταν που το πεδίο της AR είχε ραγδαία ανάπτυξη [89]. Διάφορα συμπόσια έγιναν πάνω σ' αυτό το πεδίο, όπως το International Workshop and Symposium on AR, το International Symposium on Mixed Reality, και το Designing AR Environments workshop.

2.2 Εργαλεία AR (AR Components)

2.2.1 Γεννήτρια σκηνής (Scene Generator)

Η γεννήτρια σκηνής είναι η συσκευή ή το λογισμικό που είναι υπεύθυνα για την απόδοση της σκηνής-εικόνας. Η απόδοση της σκηνής δεν είναι επί του παρόντος από τα μεγαλύτερα προβλήματα στην AR, επειδή λίγα είναι τα εικονικά αντικείμενα που πρέπει να σχεδιαστούν, και συχνά για την επίτευξη του σκοπού της εφαρμογής δεν χρειάζεται να είναι και απόλυτα ρεαλιστικός ο σχεδιασμός τους.

2.2.2 Σύστημα Εντοπισμού (Tracking System)

Το σύστημα εντοπισμού είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στα συστήματα AR κυρίως λόγω του προβλήματος καταγραφής [88]. Τα αντικείμενα του πραγματικού και εικονικού κόσμου πρέπει να είναι «ευθυγραμμισμένα», με σεβασμό το ένα προς το άλλο, αλλιώς η ψευδαίσθηση ότι οι δύο κόσμοι συνυπάρχουν τίθεται σε κίνδυνο. Για τη βιομηχανία, πολλές εφαρμογές απαιτούν ακριβή καταγραφή, ειδικά για τα ιατρικά συστήματα [101] [89].

2.2.3 Απεικόνιση (Display)

Η τεχνολογία AR βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, η οποία εξαρτάται από τις αποφάσεις σχεδιασμού. Μία από αυτές είναι η HMD(Head Mounted Display), αλλά και άλλες λύσεις μπορούν να βρεθούν (δες κεφάλαιο 3).

Όταν συνδυάζεται ο πραγματικός και ο εικονικός κόσμος δύο βασικές επιλογές είναι διαθέσιμες: η οπτική και η τεχνολογία βίντεο. Κάθε μία από αυτές κάνει διάφορους συμβιβασμούς, οι οποίοι εξαρτώνται από παράγοντες όπως, την ευελιξία, το οπτικό πεδίο και τη στρατηγική καταγραφής.

Η Display τεχνολογία(τεχνολογία απεικόνισης) συνεχίζει να αποτελεί έναν περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη των AR συστημάτων. Μέχρι σήμερα δεν έχουν αναπτυχθεί displays που να έχουν ικανοποιητική φωτεινότητα, ανάλυση, οπτικό πεδίο και αντίθεση αντίστοιχη για τα πραγματικά και εικονικά αντικείμενα. Επιπλέον, πολλές τεχνολογίες που επικεντρώθηκαν στην προσέγγιση αυτών των σκοπών δεν είναι μικρές σε μέγεθος, ελαφριές σε υπολογιστικό φόρτο και φτηνές. Παρ' όλα αυτά τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει κάποιοι πρόοδοι, όπως θα δούμε και στη συνέχεια.

2.3 AR Συσκευές (AR Devices)

Οι AR συσκευές μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο display τους: την οπτική-εικόνα (optical see through), το εικονικό σύστημα αμφιβληστροειδούς (Virtual Retinal System), τη βίντεο-εικόνα(video See Through), την AR βασισμένη σε οθόνη (monitor based AR) και την AR βασισμένη σε προτζέκτορα (projector based AR).

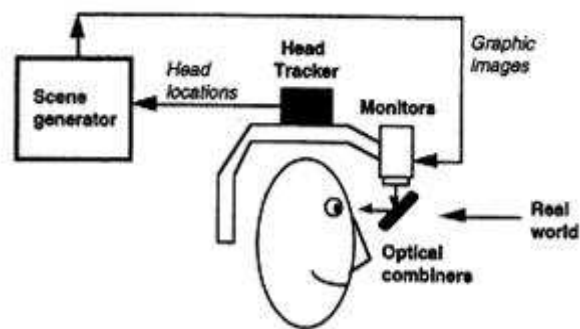
Στις παρακάτω ενότητες παρουσιάζονται οι αντίστοιχες συσκευές και τα κύρια χαρακτηριστικά τους.

2.3.1 Optical See - Through HMD

Χρησιμοποιεί ένα διαφανές Head Mounted Display για να δείξει το εικονικό περιβάλλον, ακριβώς «πάνω» από τον πραγματικό κόσμο (Εικόνες 2 και 3). Λειτουργεί με την τοποθέτηση οπτικών συνδυαστικών κυκλωμάτων(optical combiners), μπροστά στα μάτια του χρήστη. Οι optical combiners-«συνδυαστές» είναι μερικώς «μεταδόσιμοι», έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να δει απευθείας τον πραγματικό κόσμο μέσα από αυτούς. Οι optical combiners είναι επίσης μερικώς αντανakλαστικοί, έτσι ώστε ο χρήστης να βλέπει τα εικονικά αντικείμενα, τα οποία αντανakλώνται από τις Head Mounted οθόνες πάνω σ' αυτούς.



Εικόνα 2: Optical See – Through HMD.



Εικόνα 3: Σχεδιάγραμμα Optical See – Through HMD

Τα καλύτερα παραδείγματα Optical See – Through AR συστημάτων αναφέρονται στον κατάλογο των ιατρικών ηλεκτρονικών συστημάτων. Το MIT Image Guided Surgery έχει επικεντρωθεί στην χειρουργική επέμβαση του εγκεφάλου[100]. Το UNC έχει να κάνει με ένα AR σύστημα ,στο οποίο ενσωματώθηκαν υπερηχητικές δυνατότητες και μαζί με άλλες τεχνικές κατάφερε να αποτυπώσει την ακτινογραφία του ασθενή[108]. Υπάρχουν πολλά άλλα Optical See – Through συστήματα μιας και αυτή είναι η κύρια κατεύθυνση για την AR τεχνολογία.

Εκτός από αυτά τα συγκεκριμένα παραδείγματα, υπάρχουν ακόμα ελλείψεις στα γενικής χρήσεως See - Through HMDs. Ένα θέμα των Optical See – Through AR συστημάτων είναι η ευθυγράμμιση της HMD οπτικής με τον πραγματικό κόσμο. Ένα καλό HMD θα πρέπει να μπορεί να προσαρμόζεται στην κατεύθυνση του ματιού και να είναι άνετο για τον εκάστοτε χρήστη. Θα πρέπει όταν το επιθυμεί κάποιος να είναι εύκολο να αλλάζει κατεύθυνση. Όμως με αυτές τις κινήσεις αλλάζει η καταχώρηση του εικονικού περιβάλλοντος πάνω στο πραγματικό , με αποτέλεσμα να χρειάζεται αναβάθμιση του λογισμικού της συσκευής, ώστε τα δύο αυτά περιβάλλοντα να είναι και πάλι «ευθυγραμμισμένα». Μία ακριβή λύση θα ήταν το σύστημα να μπορούσε αυτόματα και «μαγικά» να αντισταθμίσει την κίνηση. Τέτοιες συσκευές δεν αναφέρονται στην βιβλιογραφία.

Οι πιο πρόσφατες Optical See – Through HMD συσκευές έχουν αναπτυχθεί από πολύ γνωστές εταιρίες όπως η Sony και η Olympus. Υπάρχουν πολύ μικρά πρωτότυπα HMDs τα οποία μπορούν να προσδεθούν πάνω στα συμβατικά γυαλιά (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: display γυαλιών με στοιχεία ολογράμματος.

2.3.2 Εικονικό σύστημα αμφιβληστροειδούς (VRD)

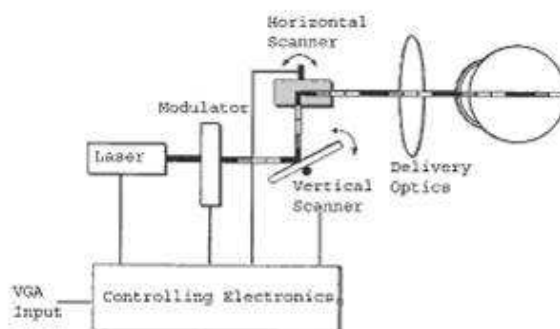
Επινοήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον στο HIT εργαστήριο (Human Interface Technology Lab) το 1991. Ο στόχος ήταν να παράγουν ένα εικονικό display ,πλήρες σε χρώμα, με ευρύ οπτικό πεδίο, υψηλή ευκρίνεια, υψηλή φωτεινότητα και χαμηλού κόστους. Η

Microvision Inc. έχει την αποκλειστική άδεια για την εμπορική διαχείριση της τεχνολογίας VRD (Εικόνα 5).

Η τεχνολογία αυτή έχει πολλές πιθανές εφαρμογές, από HMDs για στρατιωτικές/αεροδιαστημικές εφαρμογές έως και για ιατρικούς σκοπούς. Το VRD εμφανίζει μέσω μιας διαμορφωμένης ακτίνας φωτός (από μια ηλεκτρονική πηγή) απευθείας στον αμφιβληστροειδή του ματιού μια εικόνα (Εικόνα 6). Ο θεατής έχει την ψευδαίσθηση ότι βλέπει την πηγή της εικόνας, όπως θα την έβλεπε εάν στεκόταν δύο μέτρα μακριά από μια οθόνη 14-ιντσών. Στην πραγματικότητα, η εικόνα βρίσκεται στον αμφιβληστροειδή του ματιού του και όχι σε μια οθόνη. Η ποιότητα της εικόνας που βλέπει είναι εξαιρετική, με στερεοφωνική εγγραφή, πλήρες χρώμα, ευρύ οπτικό πεδίο και χωρίς να τρεμοπαίζει[98][99].



Εικόνα 5: Εικονικό σύστημα HMD αμφιβληστροειδούς.



Εικόνα 6: Σχήμα εικονικού συστήματος αμφιβληστροειδούς.

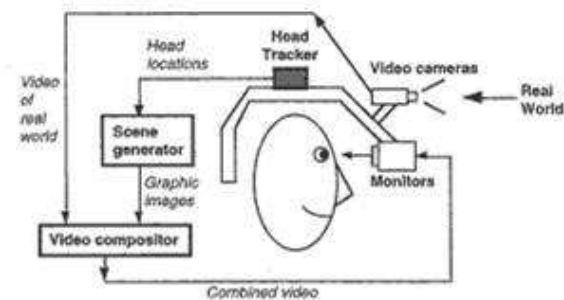
2.3.3 Video See - Through HMD

Χρησιμοποιεί ένα αδιαφανές HMD για να απεικονίσει, συγχωνευμένα, τις λήψεις από το εικονικό περιβάλλον και αυτές του πραγματικού κόσμου πάνω στο HMD (Εικόνα 7).

Η προσέγγιση αυτή είναι λίγο πιο περίπλοκη απ' ό,τι η optical see - through AR, λόγω του ότι απαιτείται σωστή τοποθέτηση των καμερών (Εικόνα 8). Παρόλα αυτά η συγχώνευση των λήψεων από βίντεο των πραγματικών και εικονικών κόσμων είναι ευκολότερη. Υπάρχει μια ποικιλία από διαθέσιμες προσεγγίσεις, συμπεριλαμβανομένων το chroma-key και το βάθος σχεδίασης (depth mapping). Στην Ιαπωνία ,το εργαστήριο MRSL (Mixed Reality Systems Lab) παρουσίασε ένα stereo video see through HMD στο ISAR 2000. Αυτή η συσκευή διευθυνσιοδοτεί κάποια parallax, που σχετίζονται με την εκάστοτε θέση των καμερών, στα μάτια του χρήστη.



Εικόνα 7: Video see – through HMD



Εικόνα 8: Video see – through scheme

2.3.4 Monitor based AR

Χρησιμοποιεί ,επίσης συγχωνευμένα βίντεο, αλλά η έξοδος του είναι όπως μίας συμβατικής οθόνης. Είναι ίσως το λιγότερο δύσκολο «στήσιμο» για AR, διότι εξαλείφονται κατά πολύ τα HMD ζητήματα. Η Princeton Video Image Inc. Έχει αναπτύξει μια τεχνική για τη συγχώνευση γραφικών με το σήμα εικόνας πραγματικού χρόνου. Στα παιχνίδια αμερικανικού ποδοσφαίρου, στο σημείο εκκίνησης του αγώνα που χρησιμοποιείται, είναι απ' τα πρώτα πράγματα που παρατηρεί ο θεατής. Χρησιμοποιείται επίσης στο λογότυπο των διαφημίσεων.

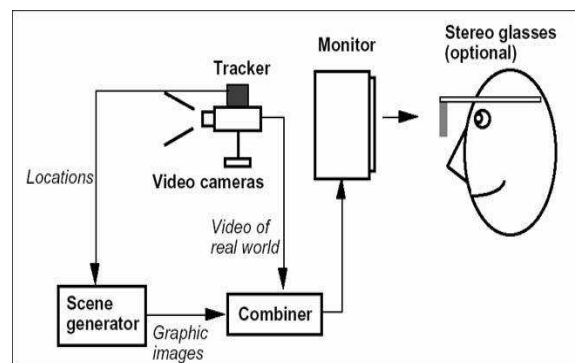


Figure 9: Monitor Based Scheme



Figure 10: Monitor Based Example

2.3.5 Projector based AR

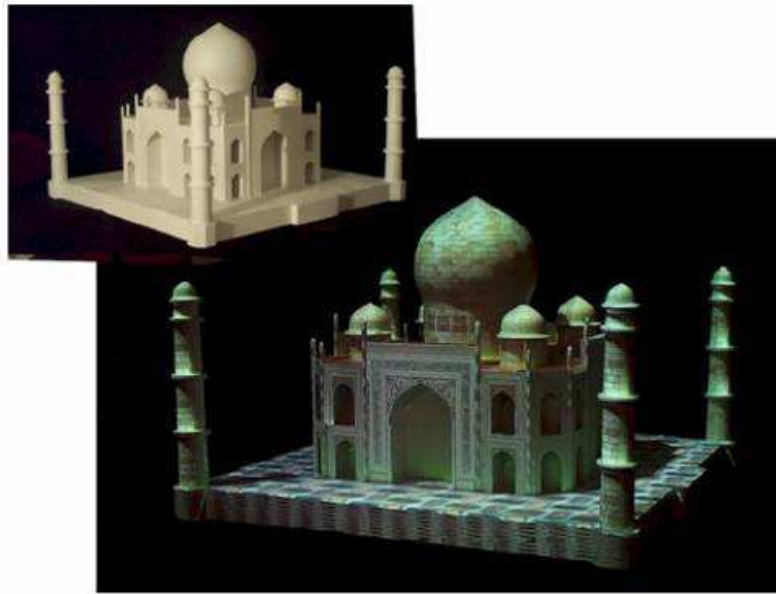
Χρησιμοποιεί αληθινά αντικείμενα για το εικονικό περιβάλλον πάνω στην επιφάνεια προβολής (Εικόνα 11,12). Έχει εφαρμογές στη βιομηχανία assembly, στην οπτικοποίηση προϊόντων, κλπ. Ανταποκρίνεται σε πολλές περιπτώσεις χρηστών. Για την επιτυχή εφαρμογή της είναι κρίσιμης σημασίας η ευθυγράμμιση της επιφάνειας προβολής και του προτζέκτορα.



Εικόνα 11: Projector Based AR

2.4 Εφαρμογές

Η τεχνολογία της Διευρυμένης πραγματικότητας έχει πολλές πιθανές εφαρμογές σε ένα ευρύ φάσμα τομέων, συμπεριλαμβανομένου της ψυχαγωγίας, της εκπαίδευσης, της ιατρικής και της μηχανολογίας. Αναμένεται ότι θα εμφανιστούν και άλλοι πιθανοί τομείς εφαρμογών με τη διάδοση αυτής της τεχνολογίας.



Εικόνα 12 : Projector Based AR

2.4.1 Ιατρική

Επειδή η τεχνολογία απεικόνισης έχει άμεση ανταπόκριση στον ιατρικό τομέα, δεν είναι καθόλου περίεργο ότι ο τομέας αυτός θεωρείται ως ένας από τους πιο σημαντικούς για τα συστήματα Διευρυμένης πραγματικότητας. Οι περισσότερες από τις ιατρικές εφαρμογές καθοδηγούνται σύμφωνα με την εικόνα χειρουργικής επέμβασης (image guided surgery) (Εικόνα 13)[100].



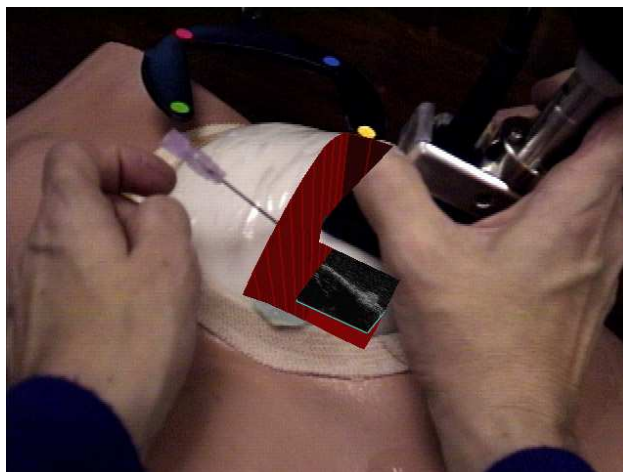
Εικόνα 13: image guided surgery

Οι προ-εγχειρητικές, απεικονιστικές εξετάσεις του ασθενούς, όπως η αξονική ή η μαγνητική τομογραφία, παρέχουν στον χειρουργό την εικόνα της εσωτερικής ανατομίας του ασθενή. Από αυτές τις εικόνες, καθοδηγείται η προγραμματισμένη χειρουργική επέμβαση.

Η οπτικοποίηση της περιοχής-στόχου (όπως ένας όγκος που πρέπει να αφαιρεθεί) γίνεται από τη δημιουργία ενός 3D μοντέλου, σχεδιασμένου σύμφωνα με τα δεδομένα των προ-

εγχειρητικών εξετάσεων. Το 3D μοντέλο προβάλλεται πάνω από την επιφάνεια του στόχου για να βοηθήσει τη χειρουργική διαδικασία.

Με τη Διευρυμένη πραγματικότητα η χειρουργική ομάδα μπορεί να δει στην αίθουσα εγχείρησης τα δεδομένα της αξονικής ή της μαγνητικής τομογραφίας του ασθενή καταχωρημένα σωστά, καθώς η διαδικασία βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη. Μια άλλη εφαρμογή της Διευρυμένης πραγματικότητας στον τομέα της ιατρικής είναι το υπερηχογράφημα. Χρησιμοποιώντας ένα optical see-through AR μπορούν να δουν το είδωλο του εμβρύου επικαλυμμένο από την κοιλιά της εγκύου. Η εικόνα φαίνεται λες και να ήταν η κάμερα στο εσωτερικό της κοιλιακής χώρας και εμφανίζεται σωστά όσο ο χρήστης μετακινεί τη συσκευή (Εικόνα 14).



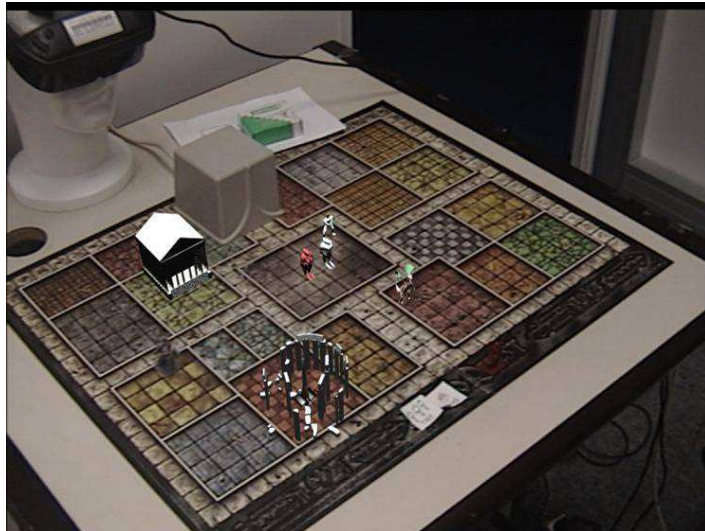
Εικόνα 14: Υπερηχογράφημα(ultra sound imaging)

2.4.2 Ψυχαγωγία

Μια απλή μορφή της Διευρυμένης πραγματικότητας χρησιμοποιείται στην ψυχαγωγία και στην τηλεόραση εδώ και αρκετό καιρό. Όταν κανείς παρακολουθεί το δελτίο καιρού το βράδυ, ο δημοσιογράφος εξακολουθεί να στέκεται στο ίδιο σημείο, μπροστά στους χάρτες του καιρού, παρ' όλο που αυτοί συνεχώς αλλάζουν. Στην πραγματικότητα ο δημοσιογράφος στέκεται μπροστά σε μια μπλε οθόνη. Αυτή η μπλε οθόνη, στην ουσία «επαυξάνεται» από τους ηλεκτρονικούς χάρτες, για την υλοποίηση των οποίων χρησιμοποιείται μια τεχνική που ονομάζεται chroma-keying. Μια άλλη εφαρμογή στην ψυχαγωγία, που χρησιμοποιεί AR είναι αυτή της ανάπτυξης ηλεκτρονικών παιχνιδιών (Εικόνα 15 και 16).

Η Princeton Electronic Billboard έχει αναπτύξει ένα σύστημα Διευρυμένης πραγματικότητας, που επιτρέπει στους ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς να τοποθετήσουν διαφημίσεις σε συγκεκριμένες περιοχές της εικόνας μετάδοσης (Εικόνα 17). Για παράδειγμα, ενώ μεταδίδεται ένας αγώνας μπίτζμπολ αυτό το σύστημα είναι σε θέση να τοποθετήσει ένα διαφημιστικό μήνυμα π.χ πάνω σε κάποιον εξωτερικό τοίχο του σταδίου.

Για τον παραπάνω σκοπό απαιτείται να έχουν συλλεχθεί από την ομάδα υλοποίησης του έργου στοιχεία, όπως π.χ τη φωτογράφιση των διαφορετικών οπτικών γωνιών του γηπέδου κ.ά, ώστε στην τελική υλοποίηση του χάρτη του γηπέδου στον υπολογιστή να είναι ρεαλιστικές οι συντεταγμένες που θα τοποθετηθούν τα διαφημιστικά μηνύματα.



Εικόνα 15: Παιχνίδια, χρησιμοποιώντας ένα εικονικό τραπέζι και συνθετικά αντικείμενα



Εικόνα 16: VR συνοριοφυλάκων (border guards), ένα παιχνίδι AR



Εικόνα 17: διαφημιστικό μήνυμα σε ένα παιχνίδι ποδοσφαίρου

2.4.3 Στρατιωτική Εκπαίδευση

Στη στρατιωτική εκπαίδευση χρησιμοποιούνται οθόνες στο θάλαμο διακυβέρνησης του αεροπλάνου όπου παρουσιάζονται πληροφορίες στο πιλότο πάνω στο ταμπλό του πιλοτηρίου ή στο γείσο του κράνους του (Εικόνα 18). Πρόκειται για μια μορφή απεικόνισης Διευρυμένης πραγματικότητας.

Ο στρατιωτικός εξοπλισμός μπορεί να εφοδιαστεί με ένα ειδικό κράνος που να εμφανίζει τις δραστηριότητες όλων των μονάδων που συμμετέχουν στην εκάστοτε στρατιωτική άσκηση. Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια μιας στρατιωτικής άσκησης κάποιος ,εφοδιασμένος με το ειδικό κράνος, στρατιώτης, κοιτώντας τον ορίζοντα θα μπορούσε να δει ένα εικονικό ελικόπτερο να καταρρίπτεται από κάποιον άλλον συμμετέχοντα στην άσκηση.

Εν καιρώ πολέμου, στην οθόνη του θα μπορούσαν να προστεθούν σχόλια και πληροφορίες ή να τονιστούν κρυμμένες μονάδες του εχθρού.



18: Στρατιωτική εκπαίδευση

2.4.4 Μηχανική Σχεδίαση

Φανταστείτε ότι σε μια ομάδα μηχανικών ο πελάτης, τους έχει αναθέσει τη σχεδίαση του μοντέλου μιας πολύπλοκης συσκευής.

Οι σχεδιαστές και οι πελάτες θέλουν να κάνουν μια κοινή επισκόπηση του σχεδιασμού, από απομακρυσμένη πρόσβαση. Αν η κάθε μία ομάδα είχε ένα δωμάτιο αναφοράς που ήταν εξοπλισμένο με μία συσκευή απεικόνισης Διευρυμένης Πραγματικότητας αυτό θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί.

Το πρωτότυπο της συσκευής που έχουν κατασκευάσει οι μηχανικοί εμφανίζεται σε τρισδιάστατη μορφή στο δωμάτιο αναφοράς των πελατών. Οι πελάτες μπορούν να περπατήσουν γύρω από το είδωλο και να μελετήσουν τις διάφορες πτυχές του. Μπορούν επίσης να διεξαγάγουν συζητήσεις, και να υποδείξουν συγκεκριμένα τμήματα του μοντέλου που πρέπει να ληφθούν υπόψη σύμφωνα με τις απαιτήσεις τους.



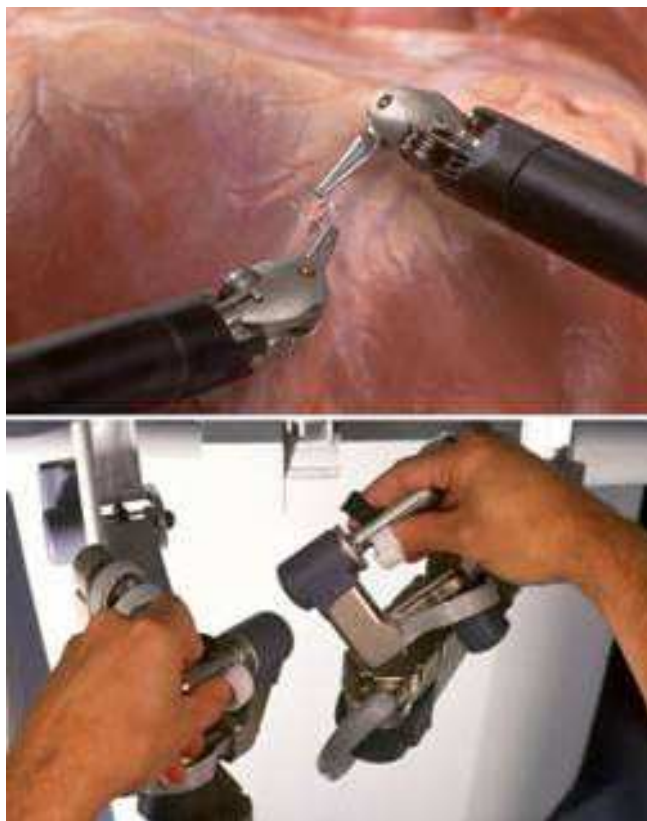
Εικόνα 19: AR στη Μηχανική Σχεδίαση.

2.4.5 Ρομποτική και Τηλερομποτική

Στον τομέα της ρομποτικής και τηλε-ρομποτικής η Διευρυμένη απεικόνιση μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη του συστήματος[102][106].

Ο τηλε-χειριστής χρησιμοποιεί την απεικόνιση του απομακρυσμένου χώρου εργασίας για να καθοδηγήσει το ρομπότ. Η επαύξηση με σχέδια των δομών, μπορεί να διευκολύνει την οπτικοποίηση της απομακρυσμένης 3D γεωμετρίας του χώρου.

Εάν ο χειριστής θελήσει να προβεί σε κάποια ενέργεια, αυτή μπορεί πρώτα να γίνει μέσω ενός εικονικού ρομπότ, το οποίο θα αποτελεί μία επαύξηση στην πραγματική σκηνή, και τότε σύμφωνα με τα αποτελέσματα που θα πάρει μπορεί να κάνει την κίνηση αυτή. Η κίνηση του ρομπότ στη συνέχεια θα μπορούσε να εκτελεστεί απευθείας και μέσω μιας εφαρμογής θα μπορούσαν να εξαλειφθούν όλες οι ταλαντώσεις που προκαλούνται από τις μεγάλες καθυστερήσεις λόγω της απομακρυσμένης τοποθεσίας. Μια άλλη χρήση της ρομποτικής - AR είναι στην εξ αποστάσεως ιατρική χειρουργική επέμβαση (Εικόνα 20 και 21).



Εικόνα 20: εικονική χειρουργική επέμβαση με χρήση ρομπότ.



Εικόνα 21: Ρομποτική επέμβαση χρησιμοποιώντας AR για τις απομακρυσμένες περιοχές

2.4.6 Κατασκευή, Συντήρηση και Επισκευή

Όταν ο τεχνικός συντήρησης ενός έργου βρεθεί μπροστά σε ένα νέο ή άγνωστο κομμάτι του συγκεκριμένου εξοπλισμού, αντί να ψάχνει στα εγχειρίδια και να σπαταλάει το χρόνο του για να μάθει τις λεπτομέρειες, θα μπορούσαν να εμφανίζονται οι νέες αυτές πληροφορίες μέσω της Διευρυμένης πραγματικότητας. Σε αυτήν την απεικόνιση η εικόνα του εξοπλισμού θα επαυξηθεί με σημειώσεις και πληροφορίες που είναι σχετικές με την επισκευή. Για παράδειγμα, η θέση των σημείων σύνδεσης και πρόσδεσης θα είναι τονισμένα στην απεικόνιση αυτή (Εικόνα 22).

Θα μπορούσε σε ένα πειραματικό σύστημα, οι τεχνικοί να καθοδηγούνται από την Διευρυμένη οθόνη, η οποία να δείχνει τη διασύνδεση των καλωδίων σε ένα γενικό πλαίσιο (Εικόνα 23).



Εικόνα 22: Χρήση AR σε ένα μηχανικό έργο



Εικόνα 23: AR που εφαρμόζεται για τη συντήρηση εργασίας

2.4.7 AR Συνεργασίας

Δύο βασικά θέματα έχουν να κάνουν με τα AR συνεργασίας: Η ενοποίηση με ήδη υπάρχοντα εργαλεία και πρακτικές, και η δημιουργία πρακτικών που υποστηρίζουν την απομακρυσμένη πρόσβαση και τον εντοπισμό δραστηριοτήτων.

Τα AR συνεργασίας έχουν χτιστεί χρησιμοποιώντας προτζέκτορες, με hand-held και head-worn απεικονίσεις. Με τη χρήση του προτζέκτορα για την επαύξηση του περιβάλλοντος συνεργασίας οι χρήστες είναι ανεμπόδιστοι, μπορούν να δουν ο ένας τον άλλον και είναι εγγυημένο ότι βλέπουν τις ίδιες επαυξήσεις[91][99] (Εικόνα 24).



Εικόνα 24: Studierstube: σύστημα AR-συνεργασίας

2.5 Θέματα οπτικοποίησης

Οι ερευνητές έχουν αρχίσει να αντιμετωπίζουν τα προβλήματα, που σχετίζονται με την απεικόνιση της πληροφορίας στο AR περιβάλλον και που οφείλονται από την ίδια τη φύση της τεχνολογίας AR και της απεικόνισης της. Πάντως έχει επιτευχθεί μεγάλη πρόοδος στη διόρθωση των σφαλμάτων καταγραφής και στην αποφυγή της απόκρυψης κρίσιμων στοιχείων λόγω των προβλημάτων πυκνότητας.

2.5.1 Λάθη οπτικοποίησης

Σε ορισμένα συστήματα AR, τα λάθη καταγραφής είναι σημαντικά και αναπόφευκτα. Για παράδειγμα, η θέση ενός αντικείμενου στο περιβάλλον δεν μπορεί να είναι γνωστή με απόλυτη ακρίβεια ώστε να αποφευχθεί η λάθος οπτικοποίηση. Υπό αυτές τις συνθήκες, η οπτικοποίηση του αντικείμενου στην οθόνη βασίζεται στην παρακολούθηση και ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων απεικόνισης[104].

Μια άλλη προσέγγιση, όταν δημιουργούνται εικονικά αντικείμενα που πρέπει να είναι αποφραγμένα από πραγματικά αντικείμενα, είναι να χρησιμοποιηθεί μια πιθανοτική

συνάρτηση η οποία σταδιακά να σβήνει το κρυφό εικονικό αντικείμενο από τα άκρα της αποφραγμένης περιοχής, κάνοντας τα σφάλματα καταγραφής λιγότερο δυσάρεστα[96].

2.5.2 Αφαίρεση πραγματικών αντικειμένων από το περιβάλλον

Το πρόβλημα της απομάκρυνσης πραγματικών αντικειμένων από μια σκηνή είναι πιο απλό από την εξαγωγή πληροφοριών βάθους. Το σύστημα πρέπει επίσης να είναι σε θέση να καταχωρεί μεμονωμένα αντικείμενα στο περιβάλλον αυτό. Μια ημι-αυτόματη μέθοδος για τον εντοπισμό αντικειμένων και της θέσης τους επί της σκηνής μέσω προτύπων αναλύεται στο [103]. Αυτό δίνει τη δυνατότητα της προσθήκης εικονικών αντικειμένων και της διαγραφής πραγματικών αντικειμένων χωρίς την 3D ανακατασκευή του περιβάλλοντος (Εικόνα 25).



Εικόνα 25: Η καφετιά αγελάδα και το δέντρο είναι εικονικά, το υπόλοιπο είναι πραγματικό.

2.5.3 Φωτορεαλιστική Απόδοση

Μια βασική προϋπόθεση για τη βελτίωση της ποιοτικής απεικόνισης των εικονικών αντικειμένων στις AR εφαρμογές, είναι η ικανότητα της αυτόματης σύλληψης πληροφοριών για το φωτισμό[92][107][115].

Για παράδειγμα, στο [93] παρουσιάζεται μια μέθοδος, σύμφωνα με την οποία χρησιμοποιώντας μόνο μια κάμερα, η οποία επιτρέπει τη σύλληψη της γεωμετρίας και της εμφάνισης του αντικειμένου, στη συνέχεια, το προωθεί σε μια νέα σκηνή στο AR περιβάλλον.

2.6 Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία

Παρά τις πολλές εξελίξεις στην AR τεχνολογία, χρειάζεται πολλή δουλειά ακόμη. Διάφορες εφαρμογές μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες βιβλιοθήκες. Μία από αυτές είναι η ARToolkit [90], η οποία παρέχει τεχνικές σύμφωνα με τις οποίες υπολογίζεται η θέση και ο προσανατολισμός μιας κάμερας σε σχέση με την ένδειξη μιας «προσημειωμένης κάρτας», η οποία τοποθετείται στο σημείο που επιθυμούμε, έτσι ώστε τα εικονικά 3D αντικείμενα να μπορούν να σχεδιαστούν με ακρίβεια στο σημείο αυτό.

Παρακάτω συναντάμε μερικούς τομείς που απαιτούν περαιτέρω έρευνα με σκοπό η AR να αναπτυχθεί ευρέως.

Πανταχού παρών εντοπισμός και φορητότητα συστήματος:

Αρκετές εντυπωσιακές επιδείξεις AR έχουν δημιουργήσει συναρπαστικά περιβάλλοντα με σχεδόν ακριβή καταγραφή εικονοστοιχείων. Παρ' όλα αυτά, οι επιδείξεις αυτές βρίσκουν εφαρμογή μόνο σε αυστηρά, προσεχτικά προετοιμασμένα- για τις συγκεκριμένες εφαρμογές - συστήματα. Ο απώτερος στόχος είναι ένα σύστημα εντοπισμού που υποστηρίζει την ακριβή καταγραφή, σε οποιοδήποτε απροετοίμαστο περιβάλλον, σε εσωτερικό ή σε εξωτερικό χώρο.

Για να επιτρέπονται τα AR συστήματα να εφαρμόζονται σε οποιοδήποτε χώρο απαιτούνται φορητά συστήματα ,που να είναι άνετα και διακριτικά.

Ευκολία εγκατάστασης και χρήσης:

Τα περισσότερα AR συστήματα σήμερα απευθύνονται σε χρήστες με ειδική τεχνογνωσία (συνήθως στους σχεδιαστές του συστήματος). Εάν οι εφαρμογές AR έχουν σκοπό να διαδοθούν στο ευρύ κοινό, τότε τα εκάστοτε συστήματα θα πρέπει να αναπτυχθούν ώστε να μπορεί να τα χειριστεί και ένας μη ειδικός χρήστης. Αυτό απαιτεί πιο ισχυρά συστήματα που να αποφεύγουν ή να ελαχιστοποιούν τις συνεχείς αναβαθμίσεις και τις απαιτήσεις εγκατάστασης.

Φωτορεαλιστική και προηγμένη απόδοση:

Παρά το γεγονός ότι πολλές εφαρμογές AR το μόνο που χρειάζονται είναι απλά γραφικά, όπως wireframe περιγράμματα και ετικέτες κειμένου, ο απώτερος στόχος είναι τα εικονικά αντικείμενα να μην διακρίνονται ότι είναι εικονικά σε σχέση με τα αληθινά. Αυτό πρέπει να γίνει σε πραγματικό χρόνο, χωρίς την χειροκίνητη παρέμβαση του γραφίστα ή του προγραμματιστή. Θα πρέπει να εξεταστούν νέες τεχνικές στην απόδοση της εικόνας προκειμένου να εκπληρωθεί η αποστολή αυτή [92].

AR σε όλες τις αισθήσεις:

Οι ερευνητές έχουν επικεντρωθεί κατά κύριο λόγο στην επαύξηση της αίσθησης της όρασης.

Όμως, υπάρχουν περιβάλλοντα AR που ενδέχεται να απαιτήσουν την συμμετοχή και άλλων αισθήσεων (όπως την αφή, ακοή, κλπ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο διάχυτος υπολογισμός συνδέεται άμεσα με τις κινητές συσκευές μιας και αποτελούν ιδανικές συσκευές σήμερα για την υλοποίησή του στην καθημερινότητά μας. Οι κινητές συσκευές είναι μικρές, επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ασύρματης σύνδεσης και παρέχουν τη διασύνδεση που απαιτείται για την οπτικοποίηση της πληροφορίας που θέλουμε να μας παρέχει. Πρέπει να υπάρξει όμως και ομοιομορφία διασύνδεσης μεταξύ των συσκευών αυτών ώστε να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους.

Παρακάτω περιγράφονται δύο 3D διασυνδέσεις γραφικών για κινητές συσκευές και τονίζονται βασικές αποφάσεις σχεδιασμού και προσεγγίσεις που λήφθηκαν κατά τη διάρκεια της τυποποίησής τους.

Οι κινητές συσκευές έχουν εξελιχθεί σε ένα σημείο όπου τα διαδραστικά 3D γραφικά καθίστανται πλέον εφικτά. Οι πρώτες τυποποιημένες 3D προγραμματιζόμενες διεπαφές για κινητές συσκευές - OpenGL ES για τη μητρική C / C ++ και Mobile 3D Graphics (M3G) για εφαρμογές Java - είναι πλέον διαθέσιμες στους πωλητές υλικού και στους προγραμματιστές εφαρμογών. Οι διεπαφές αντί να ανταγωνίζονται μεταξύ τους μπορούν να μοιραστούν τον ίδιο μηχανισμό rendering (απόδοση εικόνας). Τα γραφικά τριών διαστάσεων σε κινητές συσκευές εξακολουθούν να σχετίζονται με τη μετατροπή της γεωμετρίας, του υλικού, καθώς και του φωτισμού μέσω των εικονοστοιχείων που εμφανίζονται σε μια οθόνη, χρησιμοποιώντας τους ίδιους θεμελιώδεις αλγόριθμους όπως και αλλού. Ωστόσο, οι περιορισμένες δυνατότητες των κινητών συσκευών πρέπει να αντικατοπτρίζονται στις υλοποιήσεις των αλγορίθμων όπως επίσης και στο σχεδιασμό του συνολικού συστήματος γραφικών. Παρακάτω, περιγράφεται ένα σχέδιο που προσπαθεί να αναλάβει αυτήν την πρόκληση, η οποία αποτελείται από OpenGL ES, μια χαμηλού επιπέδου API, και M3G (επίσης γνωστή ως JSR-184), μια υψηλού επιπέδου API για Java. Αναλύεται πώς οι δύο διασυνδέσεις σχετίζονται μεταξύ τους, καθώς και ο τρόπος που επιχειρούν να παράγουν τα βέλτιστα χαρακτηριστικά και επιδόσεις για όλη την γκάμα διαφορετικών συσκευών. Οι OpenGL ES και M3G, καθώς και η παρουσίαση αυτών εδώ, προέρχονται από μια μακρά παράδοση των συστημάτων σχεδιασμού γραφικών. Ιδιαίτερα σχετικά παραδείγματα τέτοιας προηγούμενης εργασίας είναι τα OpenGL (1,2), OpenInventor 3, Iris Performer, 4 VRML, και Java 3D.

3.1.1 Ιστορικά

Η συναρπαστική και κοινή χρήση 3D γραφικών για κινητές συσκευές είναι η πολύ γνωστή: gaming (βλέπε σχήμα 1 για παράδειγμα). Πέρα από αυτή τη χρήση, τα γραφικά 3D μπορούν να συμβάλλουν ώστε να καταστεί πιο αποτελεσματική η χρήση της μικρής οθόνης σε διάφορες εφαρμογές και να κάνει ένα προϊόν πιο ελκυστικό. Μέχρι περίπου το 2002, οι περισσότερες συσκευές χειρός ήταν δύσκολο να αποδώσουν το Gouraud-shaded cube, πόσο μάλλον στο χρώμα (λεπτομέρειες στη παράγραφο 'προηγούμενες εργασίες'). Η ανάλυση οθόνης έχει φθάσει στο επίπεδο του σπιτιού υπολογιστών στη δεκαετία του 1980, ενώ το βάθος χρώματος και η χωρητικότητα υπολογιστή είναι ισότιμα με ένα PC στις αρχές του 1990.

Προηγούμενες εργασίες

Τα 3D γραφικά σε κινητές συσκευές εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στο εμπόριο το 2001 από τον ιαπωνικό φορέα JPhone, η εταιρεία που εισήγαγε την HI Corp.'s Mascot Capsule μηχανή. Άλλοι Ιάπωνες επιχειρηματίες σύντομα ενστερνίστηκαν το ίδιο μοτίβο. Η Mascot Capsule αρχικά περιοριζόταν σε event-driven έλεγχο των «σκελετωμένων» animated χαρακτήρων, χρησιμοποιώντας μόνο ορθογραφική προβολή και πολύγωνα z-sorted, αλλά στη συνέχεια παρατάθηκε με ένα πιο γενικό και ισχυρό χαρακτηριστικό χαμηλότερου επίπεδου API.

Εκτός της Ασίας, καμία ιδιόκτητη 3D μηχανή δεν έγινε ποτέ ουσιαστικά πρότυπο. Η Motorola ενέκρινε τη μηχανή Mascot Capsule. Η Sony Ericsson έχει χρησιμοποιήσει Synergenix Morphun και, πιο πρόσφατα, Mascot Capsule. Η Siemens, η Sagem, και η Alcatel έχουν χρησιμοποιήσει In-Fusio's ExEn. Η Nokia είχε το δικό της κινητήρα 3D σε πολλά μονόχρωμα μοντέλα τηλεφώνων το 2002, αλλά η μηχανή αυτή χρησιμοποιήθηκε μόνο για την προστασία οθόνης(screen savers), που εξάγεται από την 3ds Max της Autodesk και δεν υπήρχε κοινό API.

Εκπροσωπώντας μια ελαφρώς διαφορετική προσέγγιση, η Fathammer της X-Forge μηχανή επικεντρώνεται στα παιχνίδια, αντί στις συσκευές. Η X-Forge χρησιμοποιείται σε μια σειρά από παιχνίδια για το Nokia N-Gage και για πλατφόρμες Tapwave Zodiac.

Διαθέσιμες πληροφορίες στο κοινό σχετικά με τα συστήματα αυτά είναι συνήθως μόνο σε υλικό σχετικό με το marketing, πράγμα που δυσχεραίνει στο να κρίνει κανείς την αξία τους.

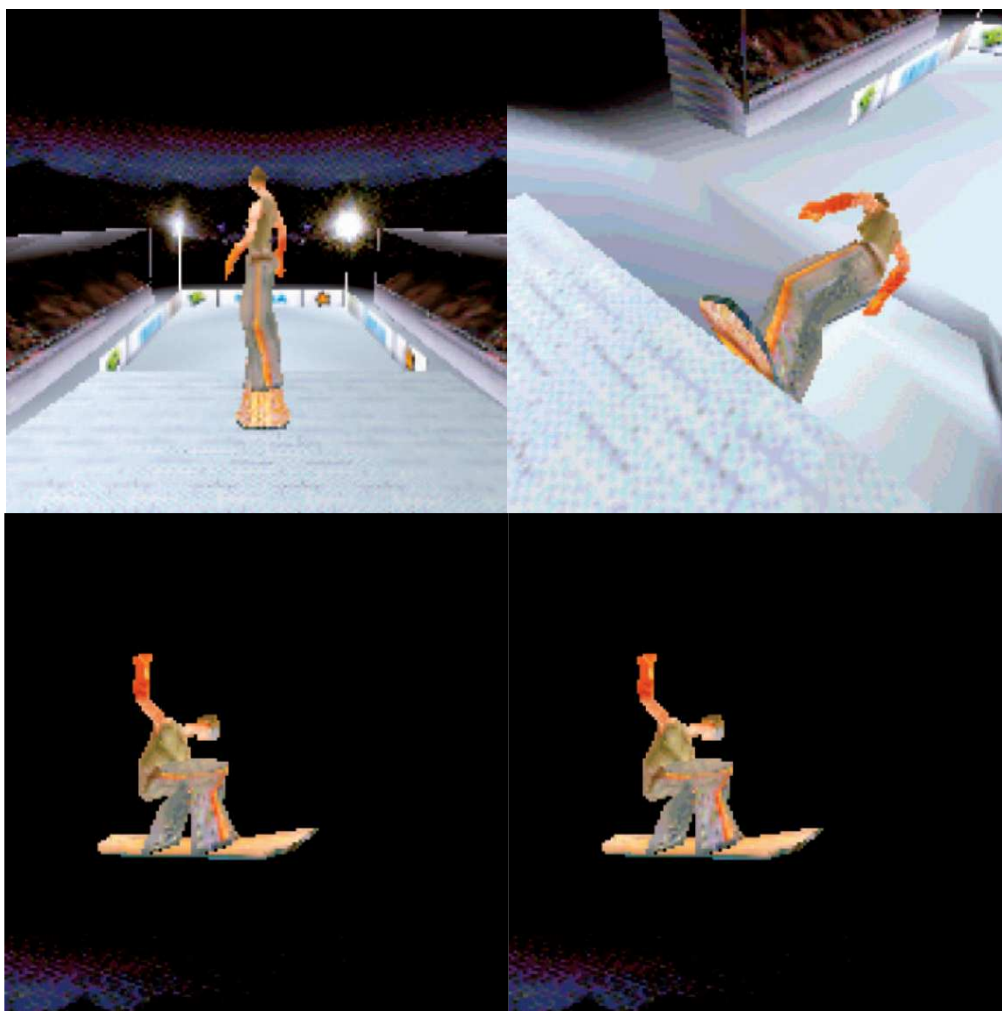
Η πρώτη εφαρμογή λογισμικού του OpenGL ES και M3G προήλθε από τη Nokia, Hybrid Graphics, HI Corporation, και Superscape. Από τα τέλη του 2004 υπήρχαν επίσης πολλά σχέδια hardware που απευθύνονται σε αυτά τα APIs.

Υπάρχουν καλοί λόγοι για τους οποίους η υπολογιστική ικανότητα είναι περιορισμένη. Ένας συχνά αναφερόμενος λόγος είναι ότι οι κινητές συσκευές πρέπει να είναι φθηνές. Αυτό είναι αλήθεια, αλλά ένας πιο θεμελιώδης λόγος είναι ότι πρέπει να είναι μικρές και να λειτουργούν με μπαταρία. Η χωρητικότητα μπαταρίας βελτιώνεται μόνο κατά 5 έως 10 τοις εκατό ανά έτος, και ακόμη και αν αρκετή ισχύς ήταν διαθέσιμη, οι συμπαγείς συσκευές δεν θα μπορούσαν να την χρησιμοποιήσουν χωρίς υπερθέρμανση. Έτσι, οι μονάδες επεξεργασίας και οι εξωτερικές μνήμες ρυθμίζονται σε σχετικά χαμηλές συχνότητες, ενώ η ποσότητα του πυριτίου που διατίθεται για την κατασκευή μνημών και μονάδων επεξεργασίας είναι ελάχιστη. Ο πολύτιμος αυτός χώρος μνήμης, δεν θα γεμίσει με floating - point συναρτήσεις ή συναρτήσεις 3D γραφικών, εκτός και αν υπάρχει σαφής απαίτηση από τον πελάτη.

Μία προφανής διαφορά μεταξύ των υπολογιστών γραφείου και των κινητών συσκευών είναι στην οθόνη. Η μικρότερου μεγέθους οθόνη των κινητών συσκευών μεταφράζεται σε λιγότερα εικονοστοιχεία, μειώνοντας τις απαιτήσεις και τη δυναμικότητα τους. Αν είμαστε διατεθειμένοι να δεχθούμε την χαμηλή ανάλυση, οι κινητές συσκευές σήμερα προσφέρουν αρκετά καλή επεξεργαστική ισχύ σε σχέση με τον αριθμό των εικονοστοιχείων. Για τα επόμενα χρόνια, οι περισσότερες κινητές συσκευές που υποστηρίζουν 3D γραφικά, με τη βοήθεια ενός λογισμικού απόδοσης μηχανής, θα λειτουργούν σε μια integer- CPU.

Από την άλλη πλευρά, για να αξιοποιήσουν στο έπακρο κάθε εικονοστοιχείο στην μικρή οθόνη, η ποιότητα και το ποσοστό επεξεργασίας ανά εικονοστοιχείο θα πρέπει να είναι υψηλότερο από ό,τι σε μια συσκευή οθόνης. Τεχνικές όπως η antialiasing και η per-pixel shading θεωρούνται σημαντικές για την υποστήριξη των high-end συσκευών(και συγκεκριμένα των παιχνιδομηχανών), οι οποίες αναζητούν πάντα ειδικής χρήσεως hardware γραφικών. Ένας επιτακτικός λόγος να ενσωματώσουν τέτοιο υλικό, είναι ότι θα χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια για τους ίδιους υπολογισμούς σε ένα γενικής χρήσης CPU. Εξάλλου, το ίδιο κομμάτι του hardware μπορεί επίσης να επιταχύνει τις εργασίες bitmap. Αρκετές εταιρείες άδραξαν την ευκαιρία, και ο αριθμός των διαφορετικών graphics hardware έχει αυξηθεί από λίγα μόνο το 2003 σε περίπου 10 έως το τέλος του 2004.

Με δεδομένη την ταχεία ανάπτυξη του hardware των γραφικών των high-end συσκευών και την αυξανόμενη σημασία του λογισμικού low-end, οι διαθέσιμες συσκευές θα αντιστοιχούν η καθεμία σε κάποια κατηγορία με κριτήριο την απόδοσή τους. Σχεδιάζοντας ένα API για μια τέτοια ποικιλία συσκευών είναι σαφώς μια πρόκληση. Ωστόσο, δεν υπάρχει πραγματική εναλλακτική λύση: το να υπάρχει διαφορετική API για κάθε κατηγορία θα ήταν απαράδεκτο σε όλους σχεδόν όσους εμπλέκονται.



Εικόνα 1. Παιχνίδι Snowboarding που κυκλοφορεί, σε κινητό τηλέφωνο που δεν υποστηρίζει υλικό για γραφικά 3D ή αριθμητική κινητής υποδιαστολής. Το παιχνίδι είναι γραμμένο σε Java, χρησιμοποιώντας M3G. Η υποκείμενη M3G εφαρμογή κάθεται επί της OpenGL ES (Κοινό προφίλ).

3.2 Δύο APIs για δύο περιβάλλοντα

Οι κινητές συσκευές, όπως για παράδειγμα τα κινητά τηλέφωνα, παραδοσιακά έχουν κλειστές πλατφόρμες, με την έννοια ότι δεν μπορούν να εγκατασταθούν νέες εφαρμογές όταν πλέον αγοραστεί η συσκευή. Ένας άλλος τύπος κλειστού συστήματος είναι οι κονσόλες παιχνιδιών, όπου οι κατασκευαστές προσεκτικά ελέγχουν ποιος μπορεί να υλοποιήσει τα παιχνίδια για το σύστημα. Σύμφωνα με αυτή την κατάσταση, είναι περιορισμένη η απαίτηση για ένα ανοιχτό πρότυπο API.

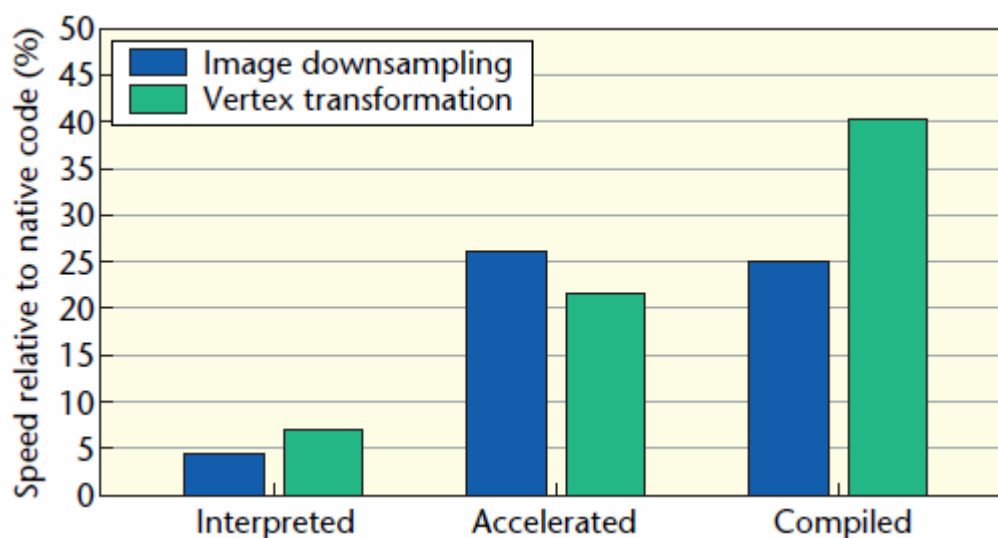
Ωστόσο οι κινητές συσκευές έχουν αρχίσει να ανοίγουν νέους ορίζοντες. Ορισμένα λειτουργικά συστήματα (για παράδειγμα, τα Symbian, ενσωματώνουν Linux, Palm και Windows CE) επιτρέπουν την τοποθέτηση εφαρμογών γραμμένων σε C ή C++, ενώ, κάποιες

«κλειστές» συσκευές επιτρέπουν την εγκατάσταση Java midlets. Το κινητό Java 2 Platform, Micro Edition (J2ME) επιτρέπει τις ίδιες εφαρμογές να τρέχουν σε διαφορετικές συσκευές και λειτουργικά συστήματα. Η εικόνα 2 απεικονίζει την προσέγγιση αυτή: δύο διαφορετικά API που παρέχονται μαζί και για τους δύο αυτούς κόσμους.

Ένα ανοικτό λειτουργικό σύστημα επιτρέπει την εγκατάσταση των μητρικών εφαρμογών, και ο καθένας μπορεί, με κοινή παραδοχή να υλοποιήσει μία αποτελεσματική 3D «λογισμικό-μηχανή» και τις εφαρμογές για τη χρήση της. Αυτό που οι κατασκευαστές συσκευών μπορούν να κάνουν, είναι να ορίσουν και να υλοποιήσουν μια χαμηλού επιπέδου API, η οποία να προσφέρεται ως υπηρεσία του λειτουργικού συστήματος της συσκευής και ενδεχομένως μετέπειτα να παραλλάσσεται για την εκάστοτε συσκευή. Αυτό διευκολύνει τη δουλειά των προγραμματιστών, παρέχει συγκεκριμένο στόχο για την επίτευξη της λειτουργικότητας του graphics hardware, και επιτρέπει στις εφαρμογές να έχουν πρόσβαση σε τέτοια υλικά (για όποιες συσκευές είναι εφοδιασμένες).

Εγγενείς εφαρμογές	Εφαρμογές java	
	M3G	MIDP 2.0
OpenGL ES	Java virtual machine (CLDC 1.1)	
Υλικό γραφικών	Λειτουργικό σύστημα	

Εικόνα 2. Λογισμικό αρχιτεκτονικής high - end για κινητό τερματικό. Το M3G δίνει τη δυνατότητα γραφικών για java midlets ενώ το OpenGL ES ικανοποιεί τόσο τις εγγενείς εφαρμογές, όσο και την M3G υλοποίηση.



3. Ταχύτητα εκτέλεσης διερμηνέα (interpreted), υλικού επιτάχυνσης (accelerated), και just-in-time μεταγλώττισης (compiled) του κώδικα Java σε σχέση με τον εγγενή assembly κώδικα (όσο υψηλότερη είναι η μπάρα, τόσο πιο γρήγορη είναι η ταχύτητα, ο εγγενής κώδικας είναι 100 τοις εκατό). Τρέξαμε benchmarks σε ένα ARM9 CPU εξοπλισμένο με Jazelle bytecode επιταχυντή.

Ο κώδικας Java είναι γενικά πιο αργός από τον εγγενή(native) κώδικα, ιδίως στις κινητές συσκευές. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μοντέλο εκτέλεσης της εικονικής μηχανής και στην ενσωματωμένη προστασία κατά της παράνομης προσπέλασης και διαρροής μνήμης(memory leaks). Μετρήσεις σε δύο αντιπροσωπευτικούς κώδικες γραφικών δείχνουν ότι ο εγγενής κώδικας μπορεί να έχει πολύ πιο υψηλές επιδόσεις σε σχέση με τη Java ακόμη

και αν χρησιμοποιείται **just-in-time μεταγλώττιση** ή επιτάχυνση υλικού(βλ. Σχήμα 3). Αυτό υποδηλώνει ότι η «εντατική» επεξεργασία συγκεκριμένων χαρακτηριστικών εξυπηρετείται καλύτερα με την προσθήκη τους στο API γραφικών και την υλοποίησή τους στον εγγενή κώδικα. Η πρόκληση στο σχεδιασμό του API, λοιπόν, είναι να βρεθεί το σωστό επίπεδο αφαίρεσης για να επιταχύνει τις κοινές εργασίες χωρίς να υπερφορτώνει το API, θυσιάζοντας την ευελιξία.

Επιπλέον, οι Java midlets συνήθως τοποθετούνται πάνω σε μια ασύρματη σύνδεση, κάνοντας σημαντικά γρήγορο download. Η παροχή υψηλού επιπέδου λειτουργικότητας, με την ικανότητα να κωδικοποιήσουν τη γεωμετρία, τις δομές και τα animation δεδομένα σε συμπαγή δυαδικά αρχεία, επιτρέπει στους τελικούς midlets να είναι μικρότεροι ή να περιλαμβάνουν περισσότερο περιεχόμενο εφαρμογής.

3.3 OpenGL ES

Η OpenGL προσφέρει ένα φυσικό σημείο εκκίνησης για τον σχεδιασμό μιας ανοιχτής πολύ - πλατφόρμας γραφικών χαμηλού επιπέδου γραφικών API. Η OpenGL έχει αντέξει στη δοκιμασία του χρόνου από τότε που καθιερώθηκε, περισσότερο από 10 χρόνια, έχει σαφείς αρχές σχεδιασμού, και στηρίχθηκε σε προηγούμενη API, το IRIS GL. Κατά τη διάρκεια της ζωής της, η OpenGL επεκτάθηκε, ενσωματώνοντας νέα λειτουργικότητα καθώς νέο υλικό αναπτύχθηκε. Το DirectX είναι ένα άλλο δημοφιλές, χαμηλού επιπέδου 3D API, αλλά είναι διαθέσιμο μόνο για τα Windows και, επομένως, δεν αποτελεί το κατάλληλο κριτήριο για ένα ανοιχτό πρότυπο.

Ωστόσο, η OpenGL από μόνη της είναι πολύ «μεγάλη» για τις κινητές συσκευές. Θα έπρεπε να αφαιρεθεί η σπάνια χρησιμοποιούμενη και περιττή λειτουργικότητα και να προσαρμοστεί για να αντιμετωπίσει καλύτερα τον περιορισμό των κινητών συσκευών. Η ομάδα Khronos έθεσε ως στόχο να κάνει αυτές τις αλλαγές και να δημιουργήσει την OpenGL ES, όπου η κατάληξη ES αναφέρεται στα ενσωματωμένα συστήματα (Embedded Systems).

Το ότι η API μοιάζει αρκετά με την OpenGL, αποφέρει πολλά οφέλη: η διαδικασία τυποποίησης μπορεί να προοδεύσει γρηγορότερα, η γνώση των ισχυρών και ελλειπών σημείων της OpenGL και η μεγάλη διαθεσιμότητα σε πηγές πληροφοριών για την OpenGL διευκολύνει την υιοθέτηση του API από τους προγραμματιστές.

3.4 M3G

Η ιδέα της προσαρμογής ενός υψηλού επιπέδου API για να ταιριάζει στο περιβάλλον J2ME φαίνεται ελκυστική για τους ίδιους λόγους όπως με την OpenGL ES. Ένας προφανής υποψήφιος για αυτό ήταν η Java 3D. Η Java 3D είναι μία υψηλού επιπέδου API που παρέχει εκτενή υποστήριξη για τις ενέργειες του scene graph και κάποια υποστήριξη για τα κινούμενα σχέδια και τη συμπιεσμένη γεωμετρία. Η Java 3D βασίζεται σε προγενέστερα πλαίσια γραφήματος σκηνής όπως το Open Inventor και το VRML, και μπορεί να υλοποιηθεί στην κορυφή του OpenGL. Ως εκ τούτου, ένα υποσύνολο της Java 3D θα μπορούσε πιθανώς να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί πάνω από την OpenGL ES, επιτρέποντας και στα δύο API να επωφεληθούν από την ίδια μηχανή απόδοσης. Ωστόσο, αφού η JSR-184 Ομάδα Εμπειρογνομόνων (Expert Group - EG), έκανε μια καλή αρχή για την απλούστευση της Java 3D, έπειτα φάνηκε ότι θα έπρεπε όχι μόνο να κάνει ένα υποσύνολο της αλλά να την τροποποιήσει και να επεκταθεί τόσο πολύ που στο τέλος θα είχε γίνει μια διαφορετική API.

Το JSR-184 EG τότε επηρέασε τελείως τον σχεδιασμό των M3G, διατηρώντας πολλές καλές επιλογές κατά το σχεδιασμό του προϋπάρχοντος API. Ο νέος σχεδιασμός προσφέρει

ουσιαστικά την ίδια βασική λειτουργικότητα όπως η Java 3D, αλλά αποφεύγει τις περιττές μεθόδους και τις υπερβολικά γενικευμένες ιεραρχίες κατηγορίας που εμποδίζουν τη Java 3D. Ως αποτέλεσμα, το αποτύπωμα API (footprint API: Ο αριθμός των κατηγοριών και των μεθόδων) είναι κατά μια σειρά μικρότερου μεγέθους σε σχέση με την Java 3D. Βλέπε Πίνακα 3 για μια επισκόπηση των M3G.

3.5 3D στόχοι σχεδιασμού Κινητών

Ο στόχος για το έργο αυτό δεν ήταν να φέρει επανάσταση στα 3D γραφικά API. Αντιθέτως, ο στόχος ήταν η παραγωγή APIs που να είναι χρήσιμα και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως και αυτά των desktop υπολογιστών. Ακόμα να επιτρέπει την αποτελεσματική εφαρμογή στις κινητές συσκευές, με ή χωρίς hardware γραφικών ή υποστήριξη αριθμητικής κινητής υποδιατολής. Οι κύριοι στόχοι του σχεδιασμού ήταν:

- η επίδοση,
- η χαμηλή πολυπλοκότητα μηχανής,
- το μέγεθος της εφαρμογής,
- η υποστήριξη υλικού,
- η ευκολία «υιοθέτησης»,
- η παραγωγικότητα,
- η ορθογωνικότητα των χαρακτηριστικών,
- η επεκτασιμότητα, και
- η ελαχιστοποίηση του κατακερματισμού(fragmentation).

Η αποδιδόμενη ταχύτητα είναι ύψιστης σημασίας σε ένα σύστημα γραφικών του οποίου η κύρια χρήση είναι το παιχνίδι. Δεδομένου της μεγάλης ποικιλίας στις δυνατότητες της συσκευής, δεν είναι εποικοδομητικό να καθορίσει συγκεκριμένο fill rate ή στόχους μέτρησης πολυγώνου(polygon count targets). Αντίθετα, ένας αξιόλογος στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η “ποινή” που θα πρέπει να καταβάλει μία εφαρμογή που χρησιμοποιεί το API, σε σύγκριση με την θεωρητική περίπτωση της απ’ ευθείας πρόσβασης στο υλικό του υπολογιστή.

Οι περιορισμοί σχετικά με τον τομέα του πυριτίου και την κατανάλωση μνήμης σε κινητές συσκευές είναι αυστηροί. Αφιερώνοντας εκατομμύρια τρανζίστορ ή megabytes μνήμης για το γραφικό υποσύστημα δεν είναι εφικτό σύμφωνα με τη σημερινή τεχνολογία. Για τη μείωση της πολυπλοκότητας της μηχανής, το μέγεθος κώδικα για την OpenGL ES 1.0 και M3G καθορίστηκε σε 50.000 και 150.000 bytes, αντίστοιχα. Αν και στον αριθμό των τρανζίστορ δεν είχε τεθεί συγκεκριμένος στόχος, η ελαχιστοποίηση του μεγέθους των υλοποιήσεων του λογισμικού είχε σαν αποτέλεσμα και την απλούστευση του hardware.

Όπως και η μηχανή γραφικών, οι εφαρμογές που την χρησιμοποιούν πρέπει να είναι επίσης μικρές. Οι εφαρμογές συχνά «κατεβαίνουν» μέσω αργών κυψελοειδών δικτύων, και πολλοί χρήστες δεν είναι πρόθυμοι να ανεχθούν μεγάλα χρονικά διαστήματα download. Πρότυπα με αποδεδειγμένα hardware-friendly χαρακτηριστικά δίνουν στους προμηθευτές υλικού σαφή στόχο σχεδιασμού. Είναι σημαντικό ότι τα χαμηλού και υψηλού επιπέδου APIs πρέπει να συμπληρώνουν το ένα το άλλο και να μην ανταγωνίζονται μεταξύ τους, μιας και υποστηρίζουν ένα αρκετά παρόμοιο μοντέλο hardware, έτσι ώστε το ίδιο το hardware να μπορεί να τα επιταχύνει και τα δύο.

Η ευκολία της επιλογής είναι σημαντική επειδή η διεπαφή προγραμματισμού δεν είναι χρήσιμη, εάν κανείς δεν την υλοποιήσει, ή αν οι προγραμματιστές επιλέξουν να μην τη χρησιμοποιήσουν. Αυτό θα μπορούσε να συμβεί εάν η API είναι ακατάλληλη για το περιβάλλον, περιπλεκόμενη με διπλώματα ευρεσιτεχνίας, δεν υποστηρίζεται από εργαλεία ανάπτυξης, ή δεν έχει προωθηθεί αρκετά. Η ανοικτή τυποποίηση είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή αυτών των παγίδων.

Τα πλεονεκτήματα παραγωγικότητας από την αποσύνδεση των στοιχείων τέχνης από τον κώδικα της εφαρμογής έχουν προ πολλού αναγνωριστεί από την αναπτυξιακή κοινότητα παιχνιδιών. Ένα ισχυρό εργαλείο απαιτείται για να επιτρέπει στους γραφίστες να εργάζονται

ανεξάρτητα των προγραμματιστών. Το σύνολο της λειτουργίας θα πρέπει επίσης να είναι σε συμφωνία με την τρέχουσα επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή και την τεχνολογία κονσόλας, έτσι ώστε καθιερωμένα στοιχεία της παραγωγής pipeline να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις κινητές συσκευές.

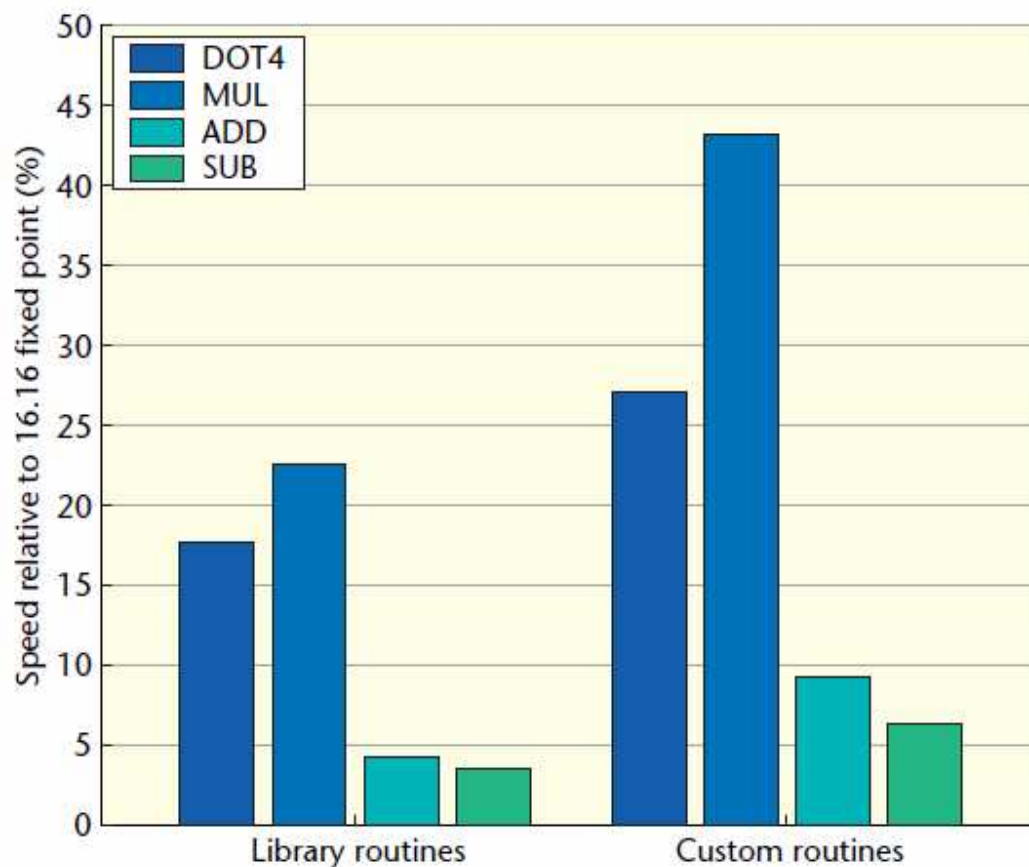
Πίνακας 2. Νέες δυνατότητες του OpenGL ES 1.1.

Feature	Purpose
Buffer objects	Enable server – side vertex data
Draw Texture	For blitting (copying and displaying) image data from server – side memory
Enhanced texturing	A minimum of two units, with texture combiners and bump mapping
Matrix palette	Vertex skinning for animation
User clip planes	Portal culling
Point sprites	Enable fast particle systems
Dynamic state queries	Enable middleware state save and restore

Πίνακας 3. Λειτουργικότητα M3G

Συναρτήσεις	Λειτουργίες
Μηχανή απόδοσης(rendering engine)	Transforms, viewing, lighting, materials, texturing, and fragment operations similar to OpenGL ES 1.0 Common profile
Γράφημα σκηνής(scene graph)	World root node, active camera, lights, hierarchic transformations, rendering detached branches
Γεωμετρία	Vertex arrays specified as 8- or 16-bit integers with optional scale and bias in floating point, meshes share vertex arrays, submeshes index the arrays, triangle strips only
Εμφάνιση	Any combination of the following per submesh: 2D textures, material colors, fog, blending, alpha testing, depth buffering, culling, shading

Raster imagery	Sprites that optionally scale based on distance to the viewer; background images that can be zoomed, scrolled, and tiled
General animation	Keyframes (scalar, vector, orientation) for any property; step, linear, spline, slerp, squad interpolation
Advanced animation	Bone hierarchies and vertex skinning, morphing meshes to weighted targets, weighted blending of animation tracks, nodes can automatically align to others
Μοντέλο εκτέλεσης	Synchronous; no callbacks; explicit control of animation, rendering, world time
File format	Compressed, can encode all API objects



4. Ταχύτητα εκτέλεσης αριθμητικής κινητής υποδιαστολής σε σχέση με το 16.16 σταθερό σημείο στις μονοδιάστατες πράξεις καθώς και το 4-δεκαδικό μέρος του γινομένου ($16=2^4$) (όσο υψηλότερη είναι η γραμμή, τόσο πιο γρήγορη είναι η ταχύτητα, όταν το σταθερό σημείο είναι 100 τοις εκατό). Οι library routines είναι από τον compiler ARM RVCT 2,1. Οι custom routines παραλείπουν τον κατάλληλο χειρισμό των απείρων και των όχι-αριθμός τιμών, στρογγυλοποιεί τους «μη κανονικούς» αριθμούς στο μηδέν, και δεν κάνει πάντα σωστή στρογγυλοποίηση. Τρέξαμε διάφορα benchmarks σε ένα ARM7 προσομοιωτή.

Η fixed function pipeline της OpenGL είναι εξαιρετικά ευέλικτη λόγω της ορθογωνικότητας των χαρακτηριστικών της. Ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας τα χαρακτηριστικά επιτρέπεται η δημιουργία ενδιαφέρον εφέ, τα οποία δεν είναι με ειδικό τρόπο σχεδιασμένα μέσα στην API. Για την προβλεψιμότητα και τον έλεγχο, τα ειδικά

χαρακτηριστικά δεν θα πρέπει να έχουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα, ανεξάρτητα από το επίπεδο αφαίρεσης της API.

Υπήρξε μια συνεχής εξέλιξη των γραφικών API κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας: Τα APIs που δεν ήταν σε θέση να προσθέσουν νέα χαρακτηριστικά έχουν εξαφανιστεί. Η επεκτασιμότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα APIs κινητών, δεδομένου ότι οι συσκευές αυτές εξελίσσονται ταχύτατα σε σχέση με ένα desktop υπολογιστή.

«Αγκαλιάζοντας» τις επεκτάσεις και επιτρέποντας πολλά προαιρετικά μέρη καθίσταται δύσκολο να δημιουργηθεί ένα φορητό περιεχόμενο. Και τα δύο API αναπτύχθηκαν έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των προαιρετικών χαρακτηριστικών. Ορισμένα περιθώρια στην εφαρμογή είναι χρήσιμα, αλλά προτιμάται, να επηρεάζεται μόνο η ποιότητα της εικόνας, χωρίς απώλεια των χαρακτηριστικών.

3.6 Βασικές αποφάσεις σχεδιασμού

Τα δύο API είχαν σχεδιαστεί για να σταθούν στις δικές τους εφαρμογές, αλλά ήταν σημαντικό ότι θα ήταν συμπληρωματικές η μία με την άλλη. Και οι δύο API πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν την ίδια απόδοση μηχανής, είτε υλοποιούνται σε λογισμικό είτε σε υλικό. Όπως παρουσιάζει το σχήμα 2, ο στόχος ήταν να υλοποιηθεί το M3G πάνω στην OpenGL ES. Το M3G, με τη σειρά του, είχε σχεδιαστεί έτσι ώστε τα χαρακτηριστικά του να εγκαθίστανται στην OpenGL.

Στην πράξη, το OpenGL ES Common profile παρέχει όλους τους, χαμηλού επιπέδου, μετασχηματισμούς, το φωτισμό, και τη λειτουργικότητα για το M3G, ενώ το M3G προσθέτει το γράφημα σκηνής και τα animation χαρακτηριστικά πάνω σε αυτό. Κάποια στοιχεία στο M3G δεν έχουν απευθείας ισοδυναμία στην OpenGL ES, όπως το Sprite και οι Background κλάσεις. Αυτό επιτρέπει στις εφαρμογές λογισμικού να περιλαμβάνουν τις βελτιστοποιημένες εκδόσεις τους στη λειτουργικότητα, ενώ οι υλοποιήσεις hardware μπορεί να τα καθιστούν αποτελεσματικά. Η OpenGL ES παρέχει τη μέγιστη απόδοση και ευελιξία για τις εγγενείς εφαρμογές. Το M3G προσθέτει χαρακτηριστικά που απαιτούνται για την αποτελεσματική ανάπτυξη εφαρμογών Java.

3.6.1 Το δεκαδικό σημείο: επιδιόρθωση ή διακύμανση

Τα σύγχρονα 3D γραφικά είναι βασισμένα στην αριθμητική κινητής υποδιαστολής. Για τις εφαρμογές middleware, και vertex pipeline αυτός είναι ο στάνταρ τρόπος λειτουργίας: Με την εισαγωγή των υψηλών επιπέδων γλωσσών σκίασης, η τάση είναι πλέον οι floating-point τιμές ακόμη και στη fragment pipeline και στη μνήμη –καρέ(frame buffer).

Η Floating-point αριθμητική είναι δημοφιλής λόγω της υψηλής δυναμικής της. Η ακρίβεια, δεν είναι πραγματικά το θέμα που μας απασχολεί. Οι ακέραιοι είναι στην πραγματικότητα πιο ακριβείς στον πεδίο τους, αλλά δυστυχώς το πεδίο αυτό είναι περιορισμένο, εύκολο στο να υπερχειλίσει(overflow) και να υποχειλίσει(underflow). Ανάλογα με το πού συμβαίνει η υπερχειλίση, το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να είναι είτε μία μικρή παραμόρφωση στην σκηνή στην καλύτερη περίπτωση, είτε μια εντελώς κατεστραμμένη σκηνή στη χειρότερη περίπτωση.

Το πρόβλημα με τις σημερινές κινητές συσκευές είναι ότι δεν έχουν καμία υποστήριξη hardware για floating-point αριθμητική. Όπως δείχνει το σχήμα 4, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια διαφορά μεγέθους επιδόσεων μεταξύ του ακέραιου και των floating-point πράξεων. Αφενός η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της ταχύτητας ακεραίων, και αφετέρου η ευκολία χρήσης των floating-point αριθμών είναι μια από τις σημαντικότερες αποφάσεις στο σχεδιασμό ενός συστήματος γραφικών κινητού.

Σε μια ελεγχόμενη κατάσταση με περιορισμένο πεδίο τιμών εισόδου και εξόδου, διάφορες συντομεύσεις μπορούν να επιταχύνουν την εκτέλεση χωρίς να διακυβεύεται η αξιοπιστία. Ειδικότερα, στη λειτουργικότητα και στην επεξεργασία ανά τεμάχιο μπορεί να γίνει εξ ολοκλήρου με fixed-point αριθμητική, χάρη στο περιορισμένο μέγεθος, το χρώμα βάθους και το frame buffer.

Το vertex pipeline είναι πιο προβληματικό, όμως. Αν οι συντεταγμένες δίνονται ως floating-point τιμές που ανήκουν στη μνήμη της εφαρμογής, υπάρχει μικρό περιθώριο για βελτιστοποίηση. Οι τιμές πρέπει να αντιμετωπίζονται ως μη-περιορισμένες εκτός και αν

ελέγχονται μια προς μια, και ακόμα χειρότερα, η μέτρηση των αποτελεσμάτων αυτών είναι αδύνατη, διότι τα περιεχόμενα των πινάκων μπορεί να αλλάζουν. Το καλύτερο που θα μπορούσε να γίνει είναι να χρησιμοποιηθούν προσαρμοσμένες ρουτίνες floating-point, οι οποίες να μπορούν να επιταχύνουν πρωτόγονες πράξεις κατά 50 έως 100 τοις εκατό στις ρουτίνες βιβλιοθήκης (βλ. Σχήμα 4).

Από την άλλη πλευρά, αν οι πίνακες vertex αποθηκεύονται σε server-side buffers στους οποίους η εφαρμογή δεν έχει άμεση πρόσβαση, η υλοποίηση θα μπορούσε να προ-επεξεργάζεται τους πίνακες, για παράδειγμα, για την επιλογή του κατάλληλου μονοπατιού εκτέλεσης ή για τη μετατροπή των τιμών σε μια πιο βολική κωδικοποίηση.

Σε σχέση με το εύρος των τιμών, το εσωτερικό format θα μπορούσε να είναι, για παράδειγμα, σταθερής υποδιαστολής με κοινό εκθέτη για τα περιεχόμενα της κάθε κορυφής(vertex), σταθερής υποδιαστολής με κοινό εκθέτη για όλον τον πίνακα, ή 24-bit κινητής υποδιαστολής, η οποία εγγυάται το απαιτούμενο από την OpenGL εύρος και την απαιτούμενη ακρίβεια. Φυσικά, αν οι vertex πίνακες δίνονται σε integer ή σταθερής υποδιαστολής κωδικοποίηση από την αρχή, το ενδεχόμενο ακριβό βήμα της προ-επεξεργασίας αποφεύγεται. Εφαρμόζοντας αυτές τις βελτιστοποιήσεις το κόστος της επεξεργασίας- vertex μπορεί να γίνει πολύ μικρό, σχεδόν όπως μίας αραιής σταθερής υποδιαστολής pipeline.

Η OpenGL ES παρέχει τη μέγιστη επίδοση και ευελιξία για τις εγγενείς εφαρμογές. Το M3G προσθέτει τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για την αποτελεσματική ανάπτυξη των εφαρμογών Java.

3.6.2 Η OpenGL ES λύση

Το OpenGL ES κοινό προφίλ, αντικαθιστά όλους τους double αριθμούς με float και εισάγει ένα σταθερής υποδιαστολής 16.16 τύπο δεδομένων, όπου τα πρώτα 16 bits δηλώνουν έναν προσημασμένο ακέραιο σε συμπλήρωμα ως προς 2, και τα άλλα 16 bits αποτελούν το κλασματικό μέρος. Πίνακες και vertex arrays μπορεί να είναι σε κινητής υποδιαστολής format, αλλά οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν σταθερή υποδιαστολή 'κορυφών'(vertex) θα δουν πολύ καλύτερες επιδόσεις για τις τρέχουσες υλοποιήσεις. Επιπλέον, το Κοινό προφίλ απαιτεί το μετασχηματισμό των vertex, ώστε να σεβαστεί τις απαιτήσεις της OpenGL για δυναμικό εύρος και ακρίβεια. Αυτό ουσιαστικά εγγυάται ότι δεν θα συμβούν υπερχειλίσεις στη μέση του καναλιού, παρέχοντας ευκολία της χρήσης τόσο του προγραμματισμού όσο και της μοντελοποίησης. Για τα εξαιρετικά περιορισμένα περιβάλλοντα υπάρχει επίσης το Κοινό προφίλ Lite που εξορίζει τα float συνολικά, και επιτρέπει στο μετασχηματισμό των vertex να υπερχειλίσει.

3.6.3 Η M3G λύση

Το M3G χρησιμοποιεί πρότυπο float ως input και output format παντού εκτός από τα vertex arrays. Τα vertex arrays δίνονται ως ακέραιοι αριθμοί, και σε συνδυασμό με όρους βαθμονόμησης και πόλωσης, γίνεται η χαρτογράφηση των ακεραίων στο πλήρες floating-point εύρος. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί με το μοντέλο view matrix, οπότε δεν υπάρχει per-vertex κόστος.

Η λύση που ενστερνίστηκε η M3G βασίζεται στην παραδοχή ότι το μεγαλύτερο μέρος της floating-point επεξεργασίας είναι για μετασχηματισμούς vertex, ενώ σε όλα τα άλλα αναλογεί τόσο λίγο υπολογιστικό κόστος που αντισταθμίζεται από την ευκολία χρήσης και την αξιοπιστία που παρέχουν οι floats. Χρησιμοποιώντας floats για πίνακες και ακεραίους για «περιορισμένα» vertex δεδομένα, επιτρέπεται μια μεγαλύτερη δυναμική περιοχή με λογική ακρίβεια για vertex μετασχηματισμούς, και ακόμη οι υπολογισμοί εκτελούνται πολύ πιο γρήγορα από ό,τι αν οι κορυφές ήταν float. Η αύξηση της παραγωγικότητας από την βελτίωση των παραγόντων αυτών είναι εξαιρετικά σημαντική στην Java, επειδή τα midlets συνήθως αναπτύσσονται κάτω από αυστηρότερους προϋπολογισμούς και χρονοδιαγράμματα

απ' ότι οι εγγενείς εφαρμογές, και θα πρέπει να λειτουργούν σε μεγαλύτερη ποικιλία συσκευών.

3.6.4 Fixed-function pipeline

Σήμερα το υλικό γραφικών, για υπολογιστές γραφείου, υποστηρίζει προγραμματιζόμενα shaders, και για vertex και για fragment («τμηματικές») pipelines, και υπάρχουν επεκτάσεις επιπέδου assembly για OpenGL και Direct3D, όπως επίσης και υψηλού επιπέδου γλώσσες για προγραμματισμό των shaders. Οι τυποποιημένες ομάδες θεωρείτε ότι τα υιοθετούν αυτά, ήδη, από την πρώτη γενιά κινητών 3D API. Αυτό μας επιτρέπει να απαλλαγούμε από τη λειτουργικότητα του fixed-pipeline, όπως το μοντέλο φωτισμού, καθιστώντας το API πιο 'συμπαγές' και απλουστεύοντας κάποιες υλικές υλοποιήσεις.

Ωστόσο, η εξέλιξη των υπολογιστών δείχνει ότι υψηλού επιπέδου, παρόμοιες με τη C, γλώσσες σκίασης, με πλήρη επεξεργασία floating-point γίνονται πλέον το πρότυπο. Αυτό παρουσιάζει προγραμματιστές με περισσότερη δύναμη και ευελιξία από ό,τι είχαν αρχικά αυτοί που προγραμματιζαν σε "assembly". Ως εκ τούτου, οι τυποποιημένες ομάδες αντιλήφθηκαν ότι τα APIs για γραφικά κινητών συσκευών θα έπρεπε να ακολουθήσουν το desktop μοντέλο, αντί να προσπαθούν να επαναφέρουν το χαμηλού επιπέδου fixed point προγραμματισμό.

Αποφεύγοντας τις συνέπειες του μεγάλου μεγέθους του κώδικα ενός shader compiler και η ύπαρξη του fixed-function υλικού, το οποίο πρέπει επίσης να υποστηρίζεται, αποδεικνύεται τελικά ότι το σημαντικό πρόβλημα με την προγραμματιζόμενη σκίαση είναι η **απόδοση**: Με floating-point σκίαση, σχεδόν καμία από τις βελτιστοποιήσεις στο πλαίσιο μιας fixed function pipeline δεν μπορεί να εφαρμοστεί, με αποτέλεσμα την απαράδεκτη απόδοση στις πλατφόρμες χωρίς ειδικό hardware.

Στο τέλος, οι τυποποιημένες ομάδες αποφάσισαν ότι η πρώτη γενιά κινητών 3D API εξυπηρετείται καλύτερα με fixed-function pipeline γραφικών. Μια συμπαγής fixed-function API διευκολύνει το σχεδιασμό συμπαγών, ενεργειακά αποδοτικών υλικών επιτάχυνσης. Οι Shaders, παρουσιάστηκαν στην OpenGL ES 2.0 τεχνολογία, η οποία, άμεσα κατευθύνθηκε στο προγραμματιζόμενο υλικό γραφικών.

3.6.5 Πλήρης επεξεργασία τμήματος

Επειδή η OpenGL δεν επιτρέπει να εισάγουμε δεδομένα στη μέση του καναλιού, η μίμηση των χαρακτηριστικών της fragment- επεξεργασίας στον κώδικα της εφαρμογής θα είναι δύσκολη και αναποτελεσματική. Για το λόγο αυτό, όλα σχεδόν τα χαρακτηριστικά της fragment- επεξεργασίας στην OpenGL 'κρατούνται', και οι μειώσεις συγκεντρώνονται στο μπροστινό άκρο του αγωγού-pipeline.

Εφαρμόζοντας μια 3D μηχανή λογισμικού που κάνει αποτελεσματική επεξεργασία-fragment για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς καταστάσεων είναι προβληματική. Μια απλή υλοποίηση είναι ένα ενιαίο πρόγραμμα για το σχεδιασμό όλων των τριγώνων. Επειδή οι τρέχοντες ενσωματωμένοι επεξεργαστές έχουν υποστεί ένα μεγάλο χτύπημα απόδοσης από τις διακλαδώσεις, ένα μεγάλο fragment-πρόγραμμα, τύπου if-else, δεν είναι βέλτιστο.

Μια άλλη εναλλακτική λύση είναι να γραφτούν βελτιστοποιημένες εκδόσεις assembly γλωσσών προγραμματισμού για τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται πιο συχνά και να παρέχουν ένα εναλλακτικό πρόγραμμα, το οποίο να μπορεί να επεξεργαστεί όλους τους άλλους συνδυασμούς. Το πρόβλημα είναι ότι το μέγεθος της μηχανής, θα αναπτυχθεί με γρήγορους ρυθμούς, και πολλοί συνδυασμοί fragment-pipeline παραμένουν αργοί. Μια πιο αποτελεσματική λύση στο πρόβλημα αυτό εξετάζεται από τους ειδικούς. Για παράδειγμα ο μετατροπέας εικόνας σε εικονοστοιχεία (**rasterizer**) ,Pixomatic, όπου το fragment pipeline παράγεται πολύ γρήγορα. Μια παρόμοια μέθοδος που ονομάζεται stitching χρησιμοποιήθηκε σε επίπεδο μικροκώδικα στο InfiniteReality.2.

Με τις απλές βελτιστοποιήσεις πάνω στον παραγόμενο κώδικα, οι επιδόσεις όλων των συνδυασμών καταστάσεων είναι κοντά στην 'χειροκίνητα'-βελτιστοποιημένη υλοποίηση.

Επίσης, δεδομένου ότι τα προγράμματα τεμαχίων(fragment) είναι μάλλον απλά, ο κώδικας γεννήτριας και βελτιστοποίησης μπορεί να γίνει αρκετά μικρός για ενσωματωμένη χρήση.

Η Java, από την άλλη πλευρά, είναι διαθέσιμη σε πολλές low-end συσκευές που δεν παρέχουν καμία υποστήριξη για εγγενείς εφαρμογές. Για να γίνει η M3G ελκυστική για ένα ευρύτερο φάσμα συσκευών, ορισμένα από τα λιγότερο συχνά εμφανιζόμενα χαρακτηριστικά του OpenGL ES αφαιρέθηκαν από τις αρχικές εκδόσεις, ‘μεικτοί’ μέθοδοι αντικαταστάθηκαν με προκαθορισμένους συνδυασμούς, και συναρτήσεις ελέγχου τμηματοποίησης (depth και alpha) μπορούν απλά να είναι ενεργοποιημένες ή απενεργοποιημένες από επιλογή του χρήστη. Ο στόχος ήταν να παρέχει ένα χρήσιμο σύνολο χαρακτηριστικών, ενώ μεταβάλλοντας την συνδυαστική πολυπλοκότητα των ρυθμίσεων των καταστάσεων σε τέτοιο επίπεδο που να μπορεί ακόμα να διαχειριστεί κάποιος χωρίς τις πολυπλοκότητες που συνεπάγεται ο χρόνος εκτέλεσης του παραγόμενου κώδικα.

Στο M3G, όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στο εσωτερικό των αντικειμένων API. Πέρα από το βήμα της εγκατάστασης της εφαρμογής, τίποτα δεν είναι προσβάσιμο από τα arrays των χρηστών. Αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει στις εφαρμογές να βελτιστοποιούν της μορφές αποθήκευσης και τον εντοπισμό διαφορετικών ειδών δεδομένων.

3.6.6 Επεξεργασία Batch

Οι επιπτώσεις των επιδόσεων της διαχείρισης των καταστάσεων και της λειτουργίας έχουν αναγνωρισθεί στις καθιερωμένες μητρικές API. Λίστες απεικόνισης, πίνακες vertex, και vertex αντικείμενα αποθήκευσης στην OpenGL, όπως επίσης πίνακες καταστάσεων, vertex και index buffers στην DirectX παρέχουν τον τρόπο ομαδοποίησης των διαφορετικών καταστάσεων και της γεωμετρίας και μία μόνο συνάρτηση μπορεί να εφαρμοστεί η ίδια για όλα τα αντικείμενα της αντίστοιχης ομάδας. (Χρησιμοποιείτε OpenGL ορολογία στην ακόλουθη συζήτηση).

Το κύριο όφελος από τα vertex και buffers arrays είναι ότι, ειδικά με τους indexed πρωτογενείς τύπους(indexed primitives), τα δεδομένα μπορούν να διαμοιραστούν αποτελεσματικά και ο αριθμός των μετασχηματισμών των vertex να μειωθεί σημαντικά. Βάση αυτού επαναφέρουμε το παράδειγμα του αλγορίθμου begin-end της OpenGL ES 1.0, όπου τα vertex δεδομένα είναι είσοδος σε ένα vertex τη φορά. Τα vertex arrays και οι indexed πρωτογενείς τύποι έχουν απλοποιήσει την OpenGL μηχανή παραγωγής καταστάσεων και έχει μειωθεί ο αριθμός των απαιτούμενων σημείων εισόδου API. Η OpenGL ES 1.1 προσθέτει αντικείμενα buffers, επιτρέποντας στα δεδομένα vertex να αποθηκεύονται στη server-side μνήμη για ταχύτερη πρόσβαση και με περισσότερο βελτιωμένη διάταξη δεδομένων.

Θεωρητικά, οι λίστες απεικόνισης(display lists) μπορούν να επιταχύνουν το rendering επιτρέποντας στις εφαρμογές να βελτιστοποιούν τις ενθυλακωμένες ρυθμίσεις των καταστάσεων και μειώνοντας τον αριθμό των κλήσεων API. Στην πράξη, υπάρχουν λίγα περιθώρια για βελτιστοποίηση αν οι λειτουργίες είναι ευαίσθητες να ξεκινήσουν χωρίς αλλαγές. Επίσης, ο αριθμός των εγγενών συναρτήσεων είναι διαφορετικός στις σύγχρονες μονάδες επεξεργασίας. Δεδομένου της πολυπλοκότητας του προστιθέμενου κώδικα και της χρήσης της μνήμης, δεν υπήρχε αρκετή αιτιολόγηση ώστε να συμπεριληφθούν οι λίστες απεικόνισης στην OpenGL ES.

Σε αντίθεση με τον εγγενή κώδικα, η ελαχιστοποίηση του αριθμού των συναρτησιακών κλήσεων αποφέρει καρπούς στην Java. Η κλήση εγγενών συναρτήσεων στη Java, συγκεκριμένα, είναι δαπανηρή λόγω των πρόσθετων επιπέδων διευθυνσιοδότησης και του πρόσθετου κώδικα που απαιτείται για να περάσουν τα ορίσματα στις συναρτήσεις αλλά και για την επιστροφή τους από την εκάστοτε συνάρτηση.

Το M3G το αντικατοπτρίζει αυτό ομαδοποιώντας τους primitives και τις ρυθμίσεις καταστάσεων σε component κλάσεις οι οποίες με τη σειρά τους συγκεντρώνονται σε container κλάσεις, όπως περίπου συμβαίνει στη Java 3D. Για παράδειγμα, ο container Εμφάνισης περιέχει rasterization και fragment processing components Material, CompositingMode, PolygonMode, Fog και Texture2D. Οι rendering primitives

κατασκευάζονται από vertex και index buffers. Με τη διανομή των ρυθμίσεων των καταστάσεων στα components επιχειρείται να ομαδοποιηθούν λογικά τμήματα της OpenGL rendering pipeline για να ενισχυθεί η επαναχρησιμοποίηση αντικειμένων.

3.6.7 Βελτιστοποίηση δεδομένων

Οι πόροι μνήμης για κινητές συσκευές είναι λιγοστές, και οι μνήμες προσπέλασης είναι επίσης ακριβές από άποψη επιδόσεων και κατανάλωσης ισχύος. Για να επιτρέπονται περισσότερα συμπαγή δεδομένα, η OpenGL ES ορίζει δύο extensions στο OpenGL 1.3: συντεταγμένες byte και παλέτες υφής. Για πολλά low-polygon μοντέλα, ακόμη και η vertex ακρίβεια των 8-bit είναι επαρκής χωρίς καμία οπτική υποβάθμιση. Οι παλέτες υφής ορίζονται σε ένα ενσωματωμένο format για τις συμπιεσμένες υφές που υποστηρίζονται από OpenGL ES, με άλλα formats να ορίζονται από τις επεκτάσεις που καθορίζουν οι πωλητές υλικού. Οι παλέτες υφής μπορούν συχνά να είναι 75 τοις εκατό μικρότερες από το ισοδύναμο 32-bit RGBA ή από το παραγεμισμένο RGB υφής, το οποίο με τη σειρά του συχνά λαμβάνει το ήμισυ και πλέον της συνολικής κατανάλωσης μνήμης.

Στο M3G, όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στο εσωτερικό των αντικειμένων API. Πέρα από το βήμα της εγκατάστασης της εφαρμογής, τίποτα δεν είναι προσβάσιμο από τα arrays των χρηστών. Αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει στις εφαρμογές να βελτιστοποιούν της μορφές αποθήκευσης και τον εντοπισμό διαφορετικών ειδών δεδομένων - για παράδειγμα, τα δεδομένα vertex μπορούν να αποθηκευτούν σε OpenGL ES αντικείμενα buffer. Επίσης, ενθαρρύνει την ανταλλαγή δεδομένων: Τα ίδια blocks χρησιμοποιούνται τόσο για την άμεση λειτουργία όσο και για την διατήρηση απόδοσης λειτουργίας και αντικείμενα όπως η Appearance component classes, textured images και vertex buffers μπορούν να διαμοιραστούν με έναν απεριόριστο αριθμό γραφημάτων σκηνής και άμεσης λειτουργίας αντικειμένων.

Διάφορες μορφές συμπίεσης υφής εξετάστηκαν και για τα δύο πρότυπα, αλλά δεδομένου ότι δεν υπάρχει μέθοδος η οποία θα είναι απαλλαγμένη από τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας, το format υφής συμπίεσης δεν έλαβε επίσημη αναγνώριση.

3.6.8 Βελτιστοποίηση της διεπαφής

Η Desktop OpenGL διαθέτει συνολικά 98 διαφορετικά σημεία εισόδου για τον προσδιορισμό του τρέχοντος χρώματος, της υφής κ.ά. Αυτά τα περιττά σημεία εισόδου διαφέρουν ως προς τα είδη παραμέτρων τους, που απαιτεί ο κώδικας για να μετατρέψουν την επιλεγμένη εσωτερική αναπαράσταση. Στην Java το κόστος του μεγάλου αριθμού σημείων εισόδου είναι ακόμη πιο ακριβό. Οι δηλώσεις μεθόδων βιβλιοθήκης αποθηκεύονται σε strings κειμένου και καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο, και οι δηλώσεις επαναλαμβάνονται σε κάθε εφαρμογή που χρησιμοποιεί αυτές τις μεθόδους. Επειδή είναι λίγα τα σημεία εισόδου που πραγματικά χρειάζονται, η κατάργηση των πλεοναζόντων δεν επηρεάζει πολύ τη χρηστικότητα της API.

Ένα άλλο λεπτό ζήτημα με τη Java είναι ο συλλέκτης απορριμμάτων, ο οποίος απελευθερώνει αυτόματα μνήμη από αναφορές αντικειμένων που δεν χρησιμοποιούνται πια από την εφαρμογή. Ανάλογα με την εφαρμογή, αυτό θα μπορούσε να καταλήξει σε σχετικώς μεγάλη παύση, καθώς ο αλγόριθμος θα έτρεχε-αυτό είναι άκρως ανεπιθύμητο σε μια διαδραστική εφαρμογή. Για το λόγο αυτό, ο χρήστης καταχωρεί όλα τα arrays που προορίζονται να επιστρέφουν δεδομένα από το M3G, και ο αριθμός των στοιχείων του κάθε array-εισόδου θα περάσει ως ξεχωριστή παράμετρος (έστω και αν ήδη οι πίνακες Java περιλαμβάνουν πληροφορίες). Αυτό επιτρέπει στην εφαρμογή την ανακύκλωση των parameter arrays, μειώνοντας την ανάγκη για το συλλέκτη απορριμμάτων.

Το M3G παρέχει ένα πρότυπο format αρχείου που επιτρέπει σε κάθε M3G αντικείμενο να μπορεί να αποθηκευτεί σε συμπιεσμένη δυαδική μορφή και το οποίο μπορεί να φορτωθεί σε μια εφαρμογή με λίγες μόνο γραμμές κώδικα.

3.6.9 Built-in animation engine

Η πλειοψηφία των 3D διαδραστικών εφαρμογών σήμερα βασίζονται στην κίνηση με θέσεις κλειδιά (**keyframe animation**) και στην παραμόρφωση vertex για τους χαρακτήρες των παιχνιδιών και για τα αντικείμενα. Η υλοποίηση morphing, παρεμβολή keyframe ή skinning ως μέρος μιας mobile εφαρμογής Java είναι ανέφικτη υπό το φως των περιορισμών όσον αφορά τις επιδόσεις και του download size. Επίσης, είναι απαραίτητη κάποια γνώση μαθηματικών, για παράδειγμα, για την παρεμβολή keyframe του προσανατολισμού. Για να γίνουν αυτές τις τεχνικές ευρέως διαθέσιμες στις mobile εφαρμογές Java, αυτές παρέχονται ως αναπόσπαστο μέρος της M3G.

3.6.10 Ευέλικτο keyframing

Το σύστημα keyframe animation της M3G επιτρέπει τη βηματική, γραμμική, πολυωνυμική παρεμβολή σε όλα τα βαθμωτά διανύσματα, όπως και στα τετραδόνια που αναφέρονται στους κόμβους του scene graph καθώς και άλλων αντικειμένων. Η “ανάμειξη” animation (κινουμένων σχεδίων) περιλαμβάνεται επίσης στο σύστημα αυτό και πολλαπλά κομμάτια animation μπορούν να στοχεύσουν την ίδια ποσότητα με διαφορετικό συντελεστή βάρους. Η ευέλικτη μηχανή animation για ακόμη μία φορά, μειώνει το μέγεθος της αίτησης, καθώς χρησιμοποιώντας το σύστημα animation μόνο του μπορούν να επιτευχθούν, σχετικά, περίπλοκα αποτελέσματα.

Για να διατηρηθούν συμπαγή, και μικρού μεγέθους, τα δεδομένα animation, δεν συμπεριλαμβάνονται ούτε εφαπτόμενα διανύσματα ούτε άλλοι παράμετροι ελέγχου. Για γραμμική και βηματική παρεμβολή, αυτό είναι προφανές. Για πολυωνυμική παρεμβολή, χρησιμοποιούνται τα Catmull-Rom πολυώνυμα για βαθμωτές και διανυσματικές ποσότητες, και ένα παρόμοιο σχήμα, που περιγράφεται σε άλλο σημείο(που συχνά αποκαλείται squad) για τα τετραδόνια. Και οι δύο περιπτώσεις επιτρέπουν ένα μη-ομοιόμορφο keyframe timing. Αν και αυτό απαιτεί επιπλέον keyframes για τον ακριβή έλεγχο των μονοπατιών animation, γενικώς παράγει ομαλή κίνηση με τα ελάχιστα απαιτούμενα στοιχεία και μειωμένη την πολυπλοκότητα της API.

3.6.11 Χαρακτήρας animation

Τα morphing και skinning παρέχονται ως υποκλάσεις της βασικής στατικής κλάσης mesh. Η morphing δημιουργήθηκε μετά την εμφάνιση του morph κόμβου στην Java 3D, επιτρέποντας τη σταθμισμένη γραμμική «ανάμειξη» μεταξύ των πολλαπλών vertex buffers. Αυτό συνήθως συνδέεται με animation προσώπου, αλλά επίσης χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, σε γενικές γραμμές για τα κινούμενα σχέδια low-polygon χαρακτήρων παιχνιδιού (βλέπε Εικόνα 1). Ο στόχος morph μπορεί επίσης να γίνει animated μέσω του συστήματος keyframe animation.

Το skinning επιτρέπει σε κάθε vertex να μετατραπεί από ένα σταθμισμένο μίγμα πολλών μετασχηματισμών. Κάπως ασυνήθιστα, οι bones(σκελετοί) στην M3G skinning είναι κανονικοί κόμβοι γραφήματος σκηνής. Αυτό επιτρέπει αυτόματα να γίνονται επισυνάψεις πάνω στους skinned βρόχους, όπως για παράδειγμα ένας φακός, πάνω στον οποίο υπάρχει μία πηγή φωτός, και τον οποίο ένας χαρακτήρας κρατάει, χωρίς την προσθήκη επιπλέον κώδικα στην εφαρμογή.

3.6.12 Έλεγχος εφαρμογής.

Το M3G αφήνει την εφαρμογή σε πλήρη έλεγχο της εκτέλεσης. Τόσο το animation όσο και το rendering ενεργούν ρητά από την εφαρμογή, χωρίς να επιβάλλεται μια συγκεκριμένη

εκτέλεση ή το μοντέλο του event handling. Το rendering και το animation είναι εντελώς ανεξάρτητα μεταξύ τους και μπορούν να τρέξουν σε διαφορετικές συχνότητες, εφόσον απαιτείται.

3.6.13 Τυποποιημένη μορφή αρχείου

Ένα σημαντικό κομμάτι του κώδικα σε ένα παιχνίδι συνήθως αφιερώνεται στη φόρτωση των επιπέδων του παιχνιδιού και άλλων στοιχείων τέχνης. Το M3G αντιτίθεται σε αυτή την επιβάρυνση παρέχοντας ένα πρότυπο format αρχείου(standard file format) και έναν «ενσωματωμένο»-built-in -loader(“φορτωτή”). Το file format επιτρέπει σε οποιαδήποτε M3G αντικείμενο να αποθηκευτεί σε ένα συμπιεσμένο δυαδικό stream, το οποίο μπορεί να φορτωθεί σε μια εφαρμογή με λίγες γραμμές κώδικα. Το format αυτό είναι αρκετά ευέλικτο ώστε να περιέχει οτιδήποτε από ολοκληρωμένα scene graphs έως και μεμονωμένα μοντέλα ή εξαρτήματα. Η built-in δυνατότητα σύνδεσης της J2ME καθιστά τη λήψη τόσο εύκολη όσο είναι η φόρτωση από το Java Archive (JAR), που περιέχει η εφαρμογή.

Η συμπίεση που χρησιμοποιείται για το M3G format βασίζεται στην κωδικοποίηση delta (η οποία αποθηκεύει μόνο τις διαφορές των διαδοχικών τιμών και όχι τις ίδιες τις τιμές), ακολουθούμενη από τη zlib συμπίεση (βλ. <http://www.gzip.org/zlib/>). Η Zlib χρησιμοποιείται ήδη από τη J2ME για τις JAR και PNG εικόνες, και, πρακτικά, η κωδικοποίηση delta που ακολουθείται από τη zlib αποδείχθηκε περισσότερο αποτελεσματική από το πιο εξελιγμένο bit-packing ακολουθούμενο από την zlib.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του file format είναι ότι ενθαρρύνει την αποσύνδεση του περιεχομένου από την λογική της εφαρμογής. Αυτό επιτρέπει στους καλλιτέχνες να πειραματιστούν χωρίς την παρέμβαση του προγραμματιστή, αφού τα στοιχεία τέχνης μπορούν να αλλάξουν χωρίς την παρέμβαση στον κώδικα. Για να γίνει αυτό πιο ισχυρό, το M3G διαθέτει έναν ενσωματωμένο μηχανισμό για την εύρεση των αντικειμένων από ένα γράφημα σκηνης. Κάθε αντικείμενο έχει 32-bit id αριθμό, που μπορεί να ρυθμιστεί με ένα ανάλογο εργαλείο, και που χρησιμοποιείται για την πρόσβαση του αντικειμένου στην εφαρμογή, ακόμα και αν το αντικείμενο έχει μεταφερθεί ιεραρχικά στο γράφημα σκηνης.

3.6.14 Cross-platform window system bindings

Στην OpenGL των desktop υπολογιστών, το window bindings και η διαχείριση άλλων πόρων, δεν προσδιορίζονται στην API του πυρήνα, αλλά υπάρχει μια διαφορετική API για κάθε πλατφόρμα (για παράδειγμα, GLX για το σύστημα X window και WGL για Microsoft Windows). Παρά το γεγονός ότι αυτά τα API έχουν παρόμοια λειτουργικότητα, τα ονόματα των συναρτήσεων τους είναι διαφορετικά, και κάθε API έχει μερικά μοναδικά χαρακτηριστικά. Στις δια χειρός συσκευές συναντάμε πολλά διαφορετικά λειτουργικά συστήματα που χρησιμοποιούνται. Αφήνοντας την window-binding API απροσδιόριστη θα προκαλούσε ακόμα περισσότερες παραλλαγές απ’ ότι στους desktop υπολογιστές.

Επειδή η OpenGL εγκρίθηκε ως η βάση για τον πυρήνα API, ήταν μια φυσική επιλογή να λάβουν τις APIs, που μοιάζουν με τη GLX ως σημείο εκκίνησης για την cross-platform(διαπεριβαλλοντικές εφαρμογές) windowing API, γνωστή ως EGL. Η EGL υποστηρίζει τις περισσότερες από τις λειτουργίες του GLX, αλλά με μια cross-platform «άποψη». Αφήνεται στο λειτουργικό σύστημα ή στους πωλητές υλικού να διευκρινίσουν πώς οι rendering abstract τύποι του surface αντιστοιχίζονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες μιας δεδομένης πλατφόρμας. Παρ’ όλα αυτά οι πραγματικοί τύποι δεδομένων είναι διαφορετικοί για κάθε λειτουργικό σύστημα, οι έννοιες και οι κλήσεις συναρτήσεων των API είναι ίδιες, κάνοντας τη φορητότητα της εφαρμογής ευκολότερη.

3.6.15 Ανάμεικτο 2D και 3D rendering

Η Mobile Java προσφέρει μια σχετικά πλούσια σειρά 2D γραφικών αποδίδοντας

λειτουργικότητα για τα παιχνίδια Java, που έχει κατεβάσει ο χρήστης. Επειδή τα 3D παιχνίδια μπορεί ακόμα και σήμερα να χρησιμοποιήσουν γραφικά 2D, για παράδειγμα, για στοιχεία διεπαφής χρήστη ή για το φόντο εικόνων, η M3G API επιτρέπει στις εφαρμογές να επωφεληθούν της υπάρχουσας λειτουργικότητας.

Το κύριο ζήτημα στο ανάμεικτο 2D και 3D rendering(mixed 2D and 3D rendering) είναι ο συγχρονισμός μεταξύ των δύο διαφορετικών renderers. Ένας εξ' αυτών θα μπορούσε να επιταχυνθεί, ενώ ο άλλος να είναι εντελώς στο λογισμικό, και δεδομένης της πληθώρας των υποστηριζόμενων rendering τύπων-στόχων, θα μπορούσαν ακόμη και να απαιτήσουν διαφορετικά frame buffer format σε ορισμένες περιπτώσεις.

Η M3G το αντιμετωπίζει αυτό κάνοντας αυτά τα θέματα σαφή. Όλα τα 3D rendering πρέπει να αρχίζουν και να τελειώνουν με ειδικές bindTarget(αναχαίτιση στόχου) και releaseTarget (απελευθέρωση στόχου) κλήσεις μεθόδων, και ο συγχρονισμός μεταξύ 2D και 3D γίνεται μόνο σε εκείνα τα σημεία - το αποτέλεσμα της σχεδίασης 2D ενώ ο στόχος είναι δεσμευμένος για 3D rendering είναι απροσδιόριστο. Ένας στόχος μπορεί να δεσμευτεί και να ελευθερωθεί όσες φορές ανά frame είναι απαραίτητο, αλλά είναι σαφές στους προγραμματιστές ότι την κάθε φορά ακολουθεί μια δυναμική πτώση στην απόδοση.

Η API δεν προσδιορίζει το είδος των rendering στόχων που υποστηρίζονται, αλλά δέχεται ένα γενικό αντικείμενο Java που ελέγχεται για συμβατότητα στο εσωτερικό της υλοποίησης. Έτσι καθίσταται τετριμμένο το να δεχθεί τους νέους rendering target τύπους στις μελλοντικές αναθεωρήσεις και δίνει τη δυνατότητα στην API να συνεργαστεί με Java profiles διαφορετικά από το Mobile Information Device Profile, το οποίο είναι και το πιο κοινό.

3.7 Συμπεράσματα

Πιστεύετε ότι τα OpenGL ES και M3G «ανοιχτά» πρότυπα θα κάνουν τα γραφικά 3D διαθέσιμα στην μαζική αγορά κινητών συσκευών.

Οι προδιαγραφές των OpenGL ES και M3G είχαν τεθεί τον Ιούλιο και τον Νοέμβριο του 2003, αντίστοιχα. Από αυτό το έγγραφο, τουλάχιστον 10 πωλητές υλικού έχουν υλοποιήσει αυτές τις APIs (είτε λογισμικό ή υλικό). Οι πρώτες κινητές συσκευές με ενσωματωμένη υποστήριξη εμφανίστηκαν το 2004.

Οι APIs είχαν σχεδιαστεί έτσι ώστε οι υλοποιήσεις λογισμικού σε integer-μόνο επεξεργαστές να είναι όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικές, ενώ παράλληλα να επιτρέπουν στις high-end συσκευές με hardware γραφικών να εκμεταλλεύονται πλήρως τις δυνατότητες αυτού του hardware. Η θετική αντίδραση της αγοράς υποδηλώνει ότι η συμβιβασμοί που έγιναν ήταν οι σωστοί.

Όσο για το M3G, ο βασικός στόχος του σχεδιασμού του ήταν να ξεπεραστεί η ποινή στην απόδοση που προκαλείται από τις Java εικονικές μηχανές. Αυτό επιτεύχθηκε «ανεβάζοντας» το abstract επίπεδο της API, πάνω από εκείνο της OpenGL, επιτρέποντας στην υλοποίηση να εφαρμόσει πιο άμεση βελτιστοποίηση στα αντικείμενα και στις δομές scene data, και στις εφαρμογές να μειώσουν τον αριθμό των αργών Java codes, που απαιτούνται για τα κοινά animation και τα θέματα rendering. Αυτό θα έχει ακόμη μεγαλύτερη σημασία με την εισαγωγή του hardware γραφικών.

Η αρχιτεκτονική γραφικών που παρουσιάζεται εδώ εκμεταλλεύεται πλήρως τις δυνατότητες των σημερινών κινητών συσκευών και αυτών στα κοντινά επόμενα χρόνια, και ανοίγει το δρόμο για πιο προηγμένες συσκευές.

3.7.1 Περισσότερες Πληροφορίες

Για περισσότερες πληροφορίες για τα πρότυπα που συζητήθηκαν ή αναφέρθηκαν μπορείτε να επισκεφθείτε τα παρακάτω sites:

- OpenGL ES,EGL

<http://www.khronos.org/opengles/spec.html>

- OpenGL, GLX, OpenGL SL

<http://www.opengl.org/documentation>

- M3G

<http://www.forum.nokia.com/java/jsr184/>

- DirectX and HLSL

<http://www.microsoft.com/windows/direct/>

- VRML

<http://www.web3d.org/x3d/specifications/vrml>

- CG

http://developer.nvidia.com/page/cg_main.html

- Java 3D

<http://java.sun.com/products/java-media/3D/>

- Pixomatic

<http://www.radgametools.com>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πρωτότυπο Διάχτυτου Υπολογισμού στην τέχνη

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζουμε ένα πρωτότυπο διάχτυτο υπολογισμού στην τέχνη η υλοποίηση του οποίου βρίσκεται στο παρακάτω link:

<http://students.ceid.upatras.gr/~mpantzi/test.html> .

ΜΗΔΕΙΑ(1958)

Εθνικό θέατρο: Κεντρική σκηνή

[Θεατρικό Έργο](#)
[Συντελεστές](#)
[Διανομή](#)
[Μετάφραση](#)

Τίτλος: Μήδεια

Είδος: Αρχαίο δράμα-Τραγωδία

Έτος: 431 π.χ

Συγγραφέας: Ευριπίδης

Μετάφραση: Παντελής Πρεβελάκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δράση της Μήδειας εκτυλίσσεται στην Κόρινθο. Η Μήδεια, κόρη του βασιλιά της Κολχίδας Αιήτη, βοήθησε τον αρχηγό της αργοναυτικής εκστρατείας Ιάσονα, να πάρει το χρυσόμαλλο δέρα, τον παντρεύτηκε και τον ακολούθησε τελικά στην Κόρινθο. Εκεί έζησαν μαζί λίγο καιρό, όταν ο βασιλιάς Κρέοντας έδωσε στον Ιάσονα την κόρη του ως σύζυγο. Εξόρισε τη Μήδεια αλλά αυτή κατάφερε να αποσπάσει προθεσμία μια ημέρας για να πραγματοποιήσει την εκδίκησή της. Συναντάει τον περαστικό από την Κόρινθο βασιλιά της Αθήνας Αιγέα, που επιστρέφει από το μαντείο τω Δελφών. Αυτός της αρκίζει ότι θα της προσφέρει καταφύγιο στην πόλη του. Τώρα μπορεί να βάλει σε εφαρμογή τα σχέδιά της: ποτίζει με δηλητήριο φορέματα και κοσμήματα και με τα παιδιά της τα στέλνει δώρο στην αντίζήλā της. Μόλις εκείνη τα φόρεσε, κυκλώθηκε από μαγική φωτιά και πέθανε φριχτά. Την ίδια τύχη είχε και ο πατέρας της Κρέοντας που την αγκάλιασε. Μετά από λίγο η Μήδεια σκοτώνει τα παιδιά της και εγκαταλείπει την πόλη με το φτερωτό άρμα του Ήλιου.

Copyright © 2011 Μπαντζή Ελένη

Εικόνα 1. : Αρχική σελίδα

Όπως είναι εύκολο να παρατηρήσει κανείς πρόκειται για μία συνηθισμένη σελίδα(Εικόνα 1.), η οποία παρέχει όλες τις πληροφορίες που αφορούν την παράσταση Μήδεια του Ευριπίδη και τους συντελεστές της. Βέβαια, το 1958, έτος κατά το οποίο «ανέβηκε» η συγκεκριμένη παράσταση, η συγκέντρωση ενός τέτοιου όγκου πληροφοριών σε μία σελίδα και η πλοήγηση μέσω των συνδέσμων της στον παγκόσμιο ιστό μόνο συνηθισμένη δεν ήταν.

Στα παραπάνω πρέπει να επιμείνουμε λίγο στον όρο «συνηθισμένη», διότι εκεί συναντάμε εν μέρει την έννοια του Διάχτυτου υπολογισμού. Όταν πάει κάποιος σε μία θεατρική παράσταση για να πάρει πληροφορίες σχετικές με το έργο διαβάζει το πρόγραμμα της παράστασης χωρίς να επικεντρώνεται στην ύπαρξη του ίδιου του φυλλαδίου. Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός, σχεδόν αυταπόδεικτο, ότι οι σημαντικότερες και πλέον χρήσιμες

τεχνολογίες είναι αυτές που θεωρούμε δεδομένες, αυτές δηλαδή που τις χρησιμοποιούμε ευρέως χωρίς να συνειδητοποιούμε καν την ύπαρξή τους. Μελλοντικά σε μία θεατρική παράσταση η θέση του κάθε θεατή θα μπορούσε να είναι εξοπλισμένη με ένα ηλεκτρονικό «φυλλάδιο», παρόμοιο με το πρωτότυπό που παρουσιάζεται εδώ. Ο άνθρωπος θα είναι τόσο εξοικειωμένος με τη λειτουργία του που θα αγνοεί την ύπαρξη της τεχνολογίας του ηλεκτρονικού φυλλαδίου και θα επικεντρώνεται μόνο στην πληροφορία που του παρέχει. Στις Εικόνες 2, 3 βλέπουμε ότι ο θεατής θα μπορούσε να διεισδύσει άμεσα στις πληροφορίες που αφορούν όλους τους συντελεστές και τους ηθοποιούς της παράστασης.

ΜΗΔΕΙΑ(1958)

Εθνικό θέατρο: Κεντρική σκηνή

[Θεατρικό Έργο](#)
[Συντελεστές](#)
[Διανομή](#)
[Μετάφραση](#)

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

Σκηνοθεσία:	Αλέξης Μινωτής
Σκηνογραφία:	Κλεόβουλος Κλώνης
Ενδυματολόγος:	Αντώνης Φωκός
Συνθέτης:	Μάνος Χατζιδάκις
Χορογράφος:	Τατιάνα Βαρούτη
Μουσική διεύθυνση:	Μάνος Χατζιδάκις

Copyright © 2011 Μπαντζή Ελένη

Εικόνα 2. : Links για τους συντελεστές της παράστασης

ΜΗΔΕΙΑ(1958)

Εθνικό θέατρο: Κεντρική σκηνή

[Θεατρικό Έργο](#)
[Συντελεστές](#)
[Διανομή](#)
[Μετάφραση](#)

ΔΙΑΝΟΜΗ

Παραμάνα:	Ελένη Ζαφειρίου
Παιδαγωγός:	Νίκος Παρασκευάς
Μήδεια:	Κατίνα Παξινού
Κρέων:	Γιάννης Αποστολίδης
Ιάσωνας:	Θάνος Κωτσόπουλος
Αιγέας:	Βασίλης Κανάκης
Ύγγελος:	Γρηγόρης Βαφιάς
Α' Κορυφαία:	Κάκια Παναγιώτου
Κορυφαία:	Δέσπω Διαμαντίδου
Κορυφαία:	Ελένη Νενεδάκη
Κορυφαία:	Πίτσα Καπιτσινέα
Χορός:	Βέρα Δεληγιάννη
Χορός:	Μάρμω Γεωργαλά
Χορός:	Γιάννα Βασάλου
Χορός:	Βενετία Κασσαβού
Χορός:	Β. Δημοπούλου
Χορός:	Ηρώ Μπιφέρνου
Χορός:	Μάρω Καντού
Χορός:	Ανδραμάχη Συρράκου
Χορός:	Φλώρα Στυλιανέα
Χορός:	Μαρία Σβολοπούλου
Χορός:	Γεωργία Δημοπούλου
Παιδιά της Μήδειας:	-

Copyright © 2011 Μπαντζή Ελένη

Εικόνα 3. : Links για τους ηθοποιούς της παράστασης

Επίσης στο συγκεκριμένο πρωτότυπο υπάρχει η επιλογή «Μετάφραση», σύμφωνα με την οποία ο θεατής θα μπορούσε να διαβάσει το κείμενό της στη νέα ελληνική γλώσσα (Εικόνα 4). Αυτό θα μπορούσε με ειδικούς αισθητήρες να υλοποιηθεί σε πραγματικό χρόνο, όπως για παράδειγμα βλέπουμε μία ταινία με υπότιτλους στον κινηματογράφο, και οι οποίοι να εμφανίζονται χρησιμοποιώντας την τεχνολογία AR σε κάποιο σημείο της σκηνής.

ΜΗΔΕΙΑ (1958)

Εθνικό θέατρο: Κεντρική σκηνή

Θεατρικό Έργο

Συντελεστές

Διανομή

Μετάφραση

Μετάφραση Π. Πρεβελάκη

1ο Επεισόδιο (1-95)

ΤΡΟΦΟΣ

Εἶθ' ὦφελ' ἄργαυς μὴ διαπτάσθαι σκάφος
Κόλχων ἐς αἶαν κυανέας Συμπληγάδας,
μηδ' ἐν νάπαισι Πηλίου πεσεῖν ποτε
τμηθεῖσα πύκη, μηδ' ἐρετμῶσαι χέρας
ἀνδρῶν ἀρίστων. οἳ τὸ πάγχρυσον δέρας
Πελία μετῆλθον. οὐ γὰρ ἂν δέσποιν' ἐμὴ
Μήδεια πύργους γῆς ἔπλευσ' Ἰωλκίας
ἔρωτι θυμὸν ἐκπλαγεῖσ' Ἰάσωνος·
οὐδ' ἂν κτανεῖν πείσασα Πελιάδας κόρας

10 πατέρα κατόκει τήνδε γῆν Κορινθίαν
ζῆν ἀνδρὶ καὶ τέκνοισιν, ἀνδάνουσα μὲν
φυγῇ παλιντῶν ὧν ἀφίκετο χθόνα,
αὐτὴ τε πάντα ξυμφέρουσ' Ἰάσωνι·
ἤπερ μεγίστη γίγνεται σωτηρία,
ὅταν γυνὴ πρὸς ἄνδρα μὴ διχαστατῇ.
νῦν δ' ἐχθρὰ πάντα, καὶ νοσεῖ τὰ φίλτατα.
προδοὺς γὰρ αὐτοῦ τέκνα δεσπότην τ' ἐμὴν
γάμοις Ἰάσων βασιλικῶς εὐνάζεται,
γῆμας Κρέοντος παῖδ', ὃς αἰσυνᾷ χθονός·

20 Μήδεια δ' ἡ δούτηνος ἡτιμασμένη
βοᾷ μὲν ὄρκους, ἀνακαλεῖ δὲ δεξιὰς,
πίστιν μεγίστην, καὶ θεοὺς μαρτύρεται
οἷας ἀμοιβῆς ἐξ Ἰάσωνος κυρεῖ.
κεῖται δ' αἰσας, αἰσὶν ὕφεισ' ἀλγυδάσι,
τὸν πάντα συντήκουσα δακρύοις χρόνον,
ἐπεὶ πρὸς ἄνδρὸς ἦσθετ' ἡδίκημένη,
αὐτ' ὅμμ' ἐπαίρουσ' αὐτ' ἀπαλλάσσουσα γῆς
παύσασθαι· ὥς δὲ πέταρος ἢ θηλάσσης

ΠΑΡΑΜΑΝΑ

Ἄμποτε να μην εἶχε το καράβι
ἡ Ἀργὼ φτεροδιαβεῖ τις Συμπληγάδες
τις μολυβδόθωρες, ὅταν τραβούσε
για τὼν Κόλχων τὴ γῆ! Μήδε στὸν Πηλίου
τὰ λαγκάδια ποτὲ τσεκουρωμένο
πέυκο ας μην εἶχε πέσει, οὔτε αρματώσει
τὰ χέρια με κουπιὰ τῶν ἀντρεωμένων
πού για χατήρι τοῦ Πελία κινήσαν
να βρούνε τὸ Χρυσάμαλλο τὸ δέρας!
Τότε κ' ἡ Μήδεια, ἡ κυρά μου, δε θάχε
πρυμίσει για τὰ κάστρα τῆς Ἰωλκίας,
ερωτοχτυπημένη για τὸν Ἰάσωνα·
μήτε, ἐπειδὴ τις κόρες τοῦ Πελία
κατάφερε να σφάζουν τὸ γονιό τους,
στὴς Κόρινθος ἐδῶ θα κατοικούσε
τὰ χῶματα, με σύζυγο καὶ τέκνα,
κοιτώντας ἀρεστή νάναι στους ντόπιους
πού πρόσφυγα στὴ γῆ τους ἔχει ἀράξει,
καὶ να μονιάζει σ' ὅλα με τὸν Ἰάσωνα·
αὐτὴ 'να ἴδῃ κ' ἡ πια τρανὴ εὐλογία,
τὸ ἀντρόγυνο να μὴ διχογνωμίζει.

Ὅμως ἀντίμαχα τῆς ἦρθαν ὅλα,
κι ὅπου ἀγαπᾷ τὸ βλέπει ἀρρωστημένο.
Τῆς κυράς μου ἀρνητῆς καὶ τῶν παιδιῶν τοῦ,
ὁ Ἰάσωνος κρεβάτι γάμου βρήκε
βασιλικό, τὴν κόρη σαν ἐπῆρε
τοῦ Κρέοντα, ποὺ ορίζει μες στὴ χώρα.
Καὶ καταφρονεμένη ἡ δόλια ἡ Μήδεια,
τοὺς ὄρκους ξεφωνίζει, ἀνακαλιέται
τὰ χέρια πούχαν δώσει για μιὰ πίστη
παντοτινὴ, καὶ κράζει μάρτυρες τῆς
τοὺς θεοὺς, να τὰ δουν πως τὴν πλερώνει
ὁ Ἰάσωνος. Καὶ κοιτάει με δίχως
βροφὴ, με τὰ κορμὶ παραδομένο
στους πόνους, καὶ στὰ κλάματα ἀναλώντας
τὸν καιρὸ τῆς, ἀπ' ὅταν ἔχει νιώσει

Copyright © 2011 Μπαντζή Ελένη

Εικόνα 4. : Προβολή μετάφρασης κειμένου σε νέα ελληνικά

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στο ότι ο Διάχυτος υπολογισμός σε όλα τα επίπεδα όπως και στην τέχνη οδηγεί στη νέα μορφή απόκτησης πληροφορίας, η οποία όσο περνάνε τα χρόνια θα γίνεται όλο και πιο αβίαστα. Στην κοινωνία του άμεσου μέλλοντος δεν υπάρχει θέση για τον υπολογιστή με τη σημερινή του μορφή. Με την εφαρμογή μια νέας γενιάς τεχνολογιών, η υπολογιστική ισχύς "απελευθερώνεται" από τον υπολογιστή και "διαχέεται" σε οικεία αντικείμενα και περιβάλλοντα της καθημερινής μας ζωής. Έτσι, η δυνατότητα εκτέλεσης υπολογισμών γίνεται αναπόσπαστο τμήμα των καθημερινών μας δραστηριοτήτων (ένα αγαθό παρόμοιο με την ηλεκτρική ενέργεια), ενώ ταυτόχρονα ο υπολογιστής "εξαφανίζεται" μέσα στον ιστό της ζωής. Με τον τρόπο αυτό θα υλοποιηθεί το όραμα του Mark Weiser για "ήρεμη τεχνολογία", και θα επιβεβαιωθεί η ρήση του ότι "οι περισσότερο επιδραστικές τεχνολογίες είναι αυτές που γίνονται απαρατήρητες ..."

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] S. Adlakha, Designing sensor networks — a density perspective, Master's Thesis, Department of Electrical Engineering, University of California, Los Angeles, 2002.
34 J. Burke et al. / Pervasive and Mobile Computing 2 (2006) 1–36
- [2] C. Alippi, G. Vanini, Wireless sensor networks and radio localization: a metrological analysis of the MICA2 received signal strength indicator, in: 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, November 2004, pp. 579–580.
- [3] ARIA Research, <http://aria.asu.edu/research.htm>.
- [4] Art+COM website, URL: <http://www.artcom.de>.
- [5] T. Aytac, B. Barshan, Differentiation and localization of target primitives using infrared sensors, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System, vol. 1, 2002, pp. 105–110.
- [6] R.T. Azuma, A survey of augmented reality, Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6 (4) (1997) 355–385.
- [7] A. Betsky, K. Michael Hays, L. Anderson, Scanning: The Aberrant Architectures of Diller + Scofidio, Whitney Museum, New York, 2003.
- [8] R.A. Brooks, A Robust Layered Control System for a Mobile Robot, IEEE Journal of Robotics and Automation 2 (1) (1986) 14–23. Also MIT AI Memo 864, September 1985.
- [9] N. Bulusu, J. Heidemann, D. Estrin, Adaptive beacon placement, in: Twenty-first International Conference on Distributed Computing Systems, ICDCS-21, April 2001, Phoenix, AZ, 2001, pp. 489–498.
- [10] J. Burke, Dynamic performance spaces for theater production, Theatre Design & Technology, U.S. Institute of Theatre Technology 38 (1) (2002) 26–35.
- [11] J. Burke, Interactive performance environments and the visualization of actor movement, in: Visual Interaction and Design, Digital Creativity 13 (2002) 122–128 (special issue).
- [12] J. Burke, W. McDonald et al., Advanced Technology for Cinematography project, University of California Los Angeles. <http://hypermedia.ucla.edu/atc>.
- [13] J. Burke, E. Mendelowitz, J. Kim, R. Lorenzo, Networking with knobs and knats: Towards ubiquitous computing for artists, in: Ubiquitous Computing 2002, Concepts and Models Workshop, September 29–October 2, 2002, Gothenburg, Sweden, 2002.

- [14] J. Burke, J. Stein, Theatre of context, in: *New Visions of Performance: The Impact of Digital Technologies*, 2004.
- [15] M. Burton, S. Acton, Target tracking using the anisotropic diffusion pyramid, in: *Proc. of the IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation*, April 1996, pp. 112–116.
- [16] K. Chakrabarty, S.S. Iyengar, H. Qi, E. Cho, Grid coverage for surveillance and target location in distributed sensor networks, *IEEE Transactions on Computers* (December) (2002).
- [17] A. Chen, R.R. Muntz, S. Yuen, I. Locher, S.I. Park, M.B. Srivastava, A support infrastructure for the smart kindergarten, *Pervasive Computing*, IEEE 1 (2) (2002) 49–57.
- [18] T. Clouqueur, V. Phipatanasuphorn, P. Ramanathan, K.K. Saluja, Sensor deployment strategy for detection of targets traversing a region, *Mobile Networking and Applications* 8 (4) (2003) 453–461.
- [19] M. Coen, B. Phillips, N. Warshawsky, L. Weisman, S. Peters, P. Finin, Meeting the computational needs of intelligent environments: The Metaglug system, in: *Proc. of MANSE '99*, 1999.
- [20] A. Crabtree et al., Organizing a mixed reality game ‘on the ground’, in: *Proc. of the 2004 Conf. on Human Factors in Computing Systems*, Vienna, Austria, 2004, pp. 391–398.
- [21] Crossbow, Inc., Cricket Project Schematics.
<http://nms.lcs.mit.edu/projects/cricket/software2.0/>, 29 October, 2004.
- [22] Cycling 74 website, URL: <http://www.cycling74.com>.
- [23] D.L. Mills, Internet time synchronization: The network time protocol, in: Z. Yang, T. Anthony Marsland (Eds.), *Global States and Time in Distributed Systems*, IEEE Computer Society Press, 1994.
- [24] S. Dhillon, K. Chakrabarty, S. Iyengar, Sensor placement for grid coverage under imprecise detections, in: *Proceedings of International Conference on Information Fusion*, 2002.
- [25] L. Dignan, J. McCormick, Riding Radio Waves, in: *Baseline Magazine*, May 1, 2004.
- [26] A. Dils, The ghost in the machine: Merce Cunningham and Bill T. Jones, *Performing Arts Journal* 70 (2002) 94–104.
- [27] S. Eisenstein, Colour film, in: B. Nichols (Ed.), *Movies and Methods*, vol. 1, University of California Press, 1976.
- [28] Ezio website, URL: <http://www.ezio.com>.

- [29] C. Faver, G. Stein, Towards a digital stage architecture: a long-term research agenda in digitally enabled theater, *IEEE MultiMedia* (October–December) (2001) 6–9.
- J. Burke et al. / *Pervasive and Mobile Computing* 2 (2006) 1–36 35
- [30] M. Fleck, M. Frid, T. Kindberg, E. O’Brien-Strain, R. Rjani, M. Spasojevic, From informing to remembering: ubiquitous systems in interactive museums, *IEEE Pervasive Computing* (April–June) (2002) 14–21.
- [31] R. Fontana, S. Gunderson, Ultra-wideband precision asset location system, in: *IEEE Conference on Ultra-Wideband Systems and Technologies*, Baltimore, MD, May 2002.
- [32] J. Friedman, S. Han, Y.-C. Kuan, I. Locher, S. Park, A. Savvides, RBP Localization codebase, NESL CVS. Available http://cvs.nesl.ucla.edu/cvs/viewcvs.cgi/Localization_RBP/, November 2004.
- [33] S. Ganeriwal, J. Elson, M.B. Srivastava, Time synchronization. Wireless sensor networks, Technical Report, November 2004.
- [34] S. Ganeriwal, A. Kansal, M.B. Srivastava, Self aware actuation for fault repair in sensor networks, in: *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA’04*, 2004.
- [35] S. Ganeriwal, R. Kumar, M.B. Srivastava, Timing-sync protocol for sensor networks, in: *ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, SENSYS*, 2003.
- [36] D. Goldenberg, A. Krishnamurthy, W. Maness, Y.R. Yang, A. Young, A. Savvides, Network localization in partially localizable networks. To appear in *INFCOM*, 2005.
- [37] M. Goldman, Performanced captured, in: *Millimeter Magazine*, 2004.
- [38] D. Hallaway, T. Hollerer, S. Feiner, Coarse, inexpensive, infrared tracking for wearable computing, in: *Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 21–23 October, 2003, p. 69.
- [39] M. Heiling, The cinema of the future, *Presence* 1 (3) (1955) 279–294.
- [40] N. Heo, P.K. Varshney, A distributed self spreading algorithm for mobile wireless sensor networks, in: *Wireless Communications and Networking, WCNC*, 2003.
- [41] L.M. Holson, In land of Oscars, rich new category is Best Video Game, in: *New York Times Business/Financial Section*, April 10, 2004.
- [42] A. Howard, M.J. Matari’c, G.S. Sukhatme, An incremental self deployment algorithm for mobile sensor networks, *Autonomous. Robots* 13 (2) (2002) 113–126.

- [43] R. Hull, J. Reid, E. Geelhoed, Creating experiences with wearable computing, IEEE Pervasive Computing (October–December) (2002) 56–61.
- [44] X. Ji, H. Zha, Robust sensor localization algorithm in wireless ad hoc sensor networks, in: Proc. Computer Communications and Networks, October 2003, pp. 527–532.
- [45] A. Kansal, E. Yuen, W.J. Kaiser, G.J. Pottie, Sensing uncertainty reduction using low complexity actuation, in: ACM Third International Symposium on Information Processing in Sensor Networks, IPSN, April 2004. (TR-UCLA-NESL-200404-02).
- [46] A. Kisselgoff, Lincoln center festival review: A youth of 80 kicks up his heels, in: New York Times Section E, Part 1, July 23, 1999.
- [47] I. Locher, S. Park, A. Savvides, M.B. Srivastava, System Design of iBadge for Smart Kindergarten, winner of the 2nd place at the 39th DAC Student Design Contest, 2002.
- [48] M. Lovejoy, Digital Currents: Art in the Electronic Age, 3rd edition, Routledge, New York, 2004.
- [49] Macromedia website, URL: <http://www.macromedia.com/>.
- [50] L. Manovich, The Language of New Media, MIT Press, Cambridge, 2002.
- [51] A. Marianantoni, H. Park, J. Friedman, V. Holtgrewe, J. Burke, M. Srivastava, F. Wagnmister, W. Kaiser, W. McDonald, J. Brush, Demonstration: sensor networks for media production, in: Second ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, SENSYS, 3–5 November 2004, Baltimore, Maryland, 2004.
- [52] P. Maybeck, D. Mercier, A target tracker using spatially distributed infrared measurements, IEEE Transactions on Automatic Control AC-25 (April) (1980) 222–225.
- [53] S. Meguerdichian, F. Koushanfar, M. Potkonjak, M.B. Srivastava, Coverage problems in wireless ad hoc sensor networks, in: IEEE Infocom 2001, vol. 3, 2001, pp. 1380–1387.
- [54] S. Meguerdichian, F. Koushanfar, G. Qu, M. Potkonjak, Exposure in wireless ad hoc sensor networks, in: International Conference on Mobile Computing and Networking, Rome, Italy, 2001, pp. 139–150.
- [55] E. Mendelowitz, The Emergence Engine: A behavior based agent development environment for artists, in: Proc. Twelfth Conf. on Innovative Applications of Artificial Intelligence, IAAI, 2000, pp. 973–978.

- [56] E. Mendelowitz, J. Burke, Kolo and Nebesko: A distributed media control framework for the arts, in: First Intl. Conference on Distributed Frameworks for Multimedia Applications, DFMA '05, 6–9 February 2005, Besançon, France, 2005.
- 36 J. Burke et al. / Pervasive and Mobile Computing 2 (2006) 1–36
- [57] W.J. Mitchell et al. (Eds.), Committee on Information Technology and Creativity, National Research Council. Beyond Productivity: Information Technology, Innovation and Creativity, National Academies Press, Washington, DC, 2003.
- [58] S. Park, I. Locher, M.B. Srivastava, Design of a wearable sensor badge for smart kindergarten, in: 6th International Symposium on Wearable Computers, ISWC2002, 7–10 October 2002, Seattle, WA, 2002.
- [59] E. Piscator, The theatre can belong to this century, in: J. Gassner (Ed.), Producing the Play, Dryden Press, New York, 1941.
- [60] J. Polastre, R. Szewczyk, C. Sharp, D. Culler, The Mote Revolution: Low power wireless sensor network devices, in: Proceedings of Hot Chips 16: A Symposium on High Performance Chips, 22–24 August 2004.
- [61] Ragobot Project Website, UCLA, <http://www.ragobot.com/>.
- [62] D. Rokeby, Transforming mirrors: Subjectivity and control in interactive media, in: Simon Penny (Ed.), Critical Issues in Electronic Media, State University of New York Press, Albany, NY, 1995.
- [63] A. Savvides, C.C. Han, M.B. Srivastava, Dynamic fine-grained localization in ad hoc wireless sensor networks, in: Proceedings of the International Conference on Mobile Computing and Networking MobiCom, Rome, Italy, July 2001.
- [64] A. Savvides, H. Park, M.B. Srivastava, The bits and flops of the N-Hop multilateration primitive or node localization problems, in: Proceedings of the First International Workshop on Wireless Networks and Applications held in conjunction with Mobicom 2002, 28 September, Atlanta, Georgia, 2002.
- [65] A. Savvides, M.B. Srivastava, A distributed computation platform for wireless embedded sensing, Invited paper, to appear in The Proceedings of ICCD 2002, Freiburg, Germany, 2002.
- [66] A. Smith, H. Balakrishnan, M. Goraczko, N. Priyantha, Tracking moving devices with the cricket location system, in: Proc. 2nd USENIX/ACM MOBISYS Conf., Boston, MA, June 2004.
- [67] SOS Operating System Project website, URL: <http://nesl.ee.ucla.edu/projects/sos>.

- [68] F. Sparacino, Scenographies of the past and museums of the future: From the wunderkammer to bodydriven interactive narrative spaces, in: Proceedings of ACM Multimedia 2004, 10–16 October 2004, New York, NY, 2004.
- [69] F. Sparacino, The Museum Wearable: real-time sensor-driven understanding of visitors' interests for personalized visually-augmented museum experiences, in: Proceedings of Museums and the Web, MW2002, 17–20 April 2002, Boston, MA, 2002.
- [70] F. Sparacino, C. Wren, G. Davenport, A. Pentland, Augmented performance in dance and theater, in: International Dance and Technology 1999, Tempe, Arizona, February 1999.
- [71] V. Stanford, Wearable computing goes live in industry, IEEE Pervasive Computing (October–December) (2002) 14–19.
- [72] N.M. Su, H. Park, E. Bostrom, J. Burke, M.B. Srivastava, D. Estrin, Augmenting film and video footage with sensor data, in: Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 14–17 March 2004.
- [73] T. Sweeney, UnrealScript Language Reference. URL: <http://unreal.epicgames.com/UnrealScript.htm>.
- [74] R. Szewczyk, NEST Meeting Presentation. <http://www.cs.berkeley.edu/~binetude/NEST/UWB.ppt>, August 27, 2004.
- [75] P. Tolmie et al., Unremarkable computing, in: Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Minneapolis, Minnesota, 2002, pp. 399–406.
- [76] R. Venturi, Complexity and Contradiction in Architecture, Museum of Modern Art, New York, 2002.
- [77] Vicon website, URL: <http://www.vicon.com>.
- [78] F. Wagnmister, J. Burke, Networked multi-sensory experiences: Beyond browsers on the web and in the museum, in: Museums and the Web Conference, Boston, April 2002.
- [79] G. Wang, G. Cao, T. La Porta, A bidding protocol for deploying mobile sensors, in: Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Network Protocols, IEEE Computer Society, 2003.
- [80] G. Wang, G. Cao, T.L. Porta, Movement-assisted sensor deployment, in: INFOCOM, 2004.
- [81] S.E. Weil, Making Museums Matter, Smithsonian Institution, Washington, DC, 2002.

- [82] M. Weiser, Creating the invisible interface: (invited talk) (Marina del Rey, CA, November 2–3, 1994).
- [83] R. West, J. Burke, C. Kerfeld, E. Mendelowitz, T. Holton, J.P. Lewis, E. Drucker, W. Yan, Both and Neither: in silico v.1.0, Ecce Homology, Leonardo, MIT Press.
- [84] S. Wilson, Information arts: Intersections of art, science and technology, Cambridge, MA, 2002.
- [85] Y. Zou, K. Chakrabarty, Uncertainty-aware sensor deployment algorithms for surveillance applications, in: Global Telecommunications Conference, GLOBECOM'03, 2003.
- [86] K. Ahlers and A. Kramer. Distributed augmented reality for collaborative design applications. European Computer Industry Research Center, 3-14, 1995.
- [87] S. Andrei, D. Chen, C. Tector, A. Brandt, H. Chen, R. Ohbuchi, M. Bajura, and H. Fuchs. Case study: Observing a volume rendered fetus within a pregnant patient. Proceedings of IEEE Visualization, 17-21, 1993.
- [88] R. Azuma. Tracking requirements for augmented reality. Communications of the ACM, 36(7):50-51, 1993.
- [89] R. Azuma. A survey of augmented reality. ACM SIGGRAPH, 1-38, 1997.
- [90] M. Billinghurst, S. Baldi, E. Miller, and S. Weghorst. Shared space: Collaborative information spaces. Proc. of HCI International, 7-10, 1997.
- [91] M. Billinghurst and H. Kato. Mixed reality - merging real and virtual worlds. Proc. International Symposium on Mixed Reality (ISMR '99), 261-284, 1999.
- [92] S. Boivin and A. Gagelowicz. Imagebased rendering for industrial applications. ERCIM News, 2001.
- [93] D. Cobzas, K. Yerex, and M. Jagersand. Editing real world scenes: Augmented reality with image-based rendering. Proc. of IEEE Virtual Reality, 291-292, 2003.

- [94] A. Van Dam, A. Forsberg, D. Laidlaw, J. LaViola, and R. Simpson. Immersive VR for scientific visualization: A progress report. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 20(6): 26-52, 2000.
- [95] P. du Pont. Building complex virtual worlds without programming. *EUROGRAPHICS' 95 State Of The Art Reports*, 61-70, 1995.
- [96] A. Fuhrmann et. al. Occlusion in collaborative augmented environments. *Computers Graphics*, 23 (6): 809-819, 1999.
- [97] R. Azuma et al. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 20-38, 2001.
- [98] R. Chinthammit et al. Head tracking using the virtual retinal display. *Second IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality*, 235-242, 2001.
- [99] Z. Szalavri et. al. Studierstube: An environment for collaboration in augmented reality. *Virtual Reality Systems, Development and Application*, 3 (1): 37-48, 1998.
- [100] W. Grimson, G. Ettinger, T. Kapur, M. Leventon, W. Wells, and R. Kikinis. Utilizing segmented MRI data in imageguided surgery. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 11(8):1367-97, 1998.
- [101] Richard Lee Holloway. Registration errors in augmented reality systems. *Technical Report TR95-016*, The University of North Carolina, 1 1995.
- [102] W. S. Kim and P. Schenker. An advanced operator interface design with preview/predictive displays for groundcontrolled space telerobotic servicing. *Proceedings of SPIE Vol. 2057: Telemanipulator Technology and Space Telerobotics*, 96-107, 1993.
- [103] V. Lepetit and M. Berger. Handling occlusions in augmented reality systems: A semi-automatic method. *Proc. Int.l Symp. Augmented Reality*, 137-146, 2000.

- [104] B. MacIntyre and E. Coelho. Adapting to dynamic registration errors using level of error (loe) filtering. Proc. Int.l Symp. Augmented Reality, 85-88, 2000.
- [105] P. Milgram and F. Kishino. A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information Systems, E77-D (12): 1321-1329, 1994.
- [106] P. Milgram and S. Zhai. Applications of augmented reality for human-robot communications. Proceedings of 1993 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1467-1476, 1993.
- [107] Y. Mukaigawa, S. Mihashi, and T. Shakunaga. Photometric imagebased rendering for virtual lighting image synthesis. Proc. 2nd Int.l Workshop Augmented Reality (IWAR '99), 115-124, 1999.
- [108] Ryutarou Ohbuchi, David Chen, and Henry Fuchs. Incremental volume reconstruction and rendering for 3D ultrasound imaging. Visualization in Biomedical Computing, 1808: 312-323, 1992.
- [109] H.L. Pryor, T.A. Furness, and E. Viirre. The virtual retinal display: A new display technology using scanned laser light. Proc. 42nd Human Factors Ergonomics Society, pp. 1149, 1998.
- [110] F. Sauer, A. Khamene, B. Bascle, L. Schimmang, F. Wenzel, and S. Vogt. Augmented reality visualization of ultrasound images: System description, calibration and features. IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality, 30-39, 2001.
- [111] T.B. Sheridan. Musing on telepresence and virtual presence. Presence, 1(1):120-125, 1992.
- [112] W. Sherman and A. Craig. Understanding Virtual Reality: Interface, Applications and Design. Morgan Kaufmann Publishers, 2003.

- [113] R. Silva and G. Giraldi. Introduction to virtual reality. Technical Report: 06/2003, LNCC, Brazil, 2003.
- [114] D. Sims. New realities in aircraft design and manufacture. IEEE Computer Graphics and Applications, 14 (2): 91, 1994.
- [115] J. Stauder. Augmented reality with automatic illumination control incorporating ellipsoidal models. IEEE Trans. Multimedia, 1 (2): 136-143, 1999.
- [116] Z. Szalavri, E. Eckstein, and M. Gervautz. Collaborative gaming in augmented reality. VRST, Taipei, Taiwan, 195–204, 1998.
- [117] E. Urban. The information warrior. IEEE Spectrum, 32 (11): 66-70, 1995.
- [118] D. Weimer. Frontiers of Scientific Visualization, chapter 9, "Brave New Virtual Worlds", pages 245–278. John Wiley and Sons, Inc., 1994.