



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Διάδραση Ανθρώπου Υπολογιστή μέσω Αφής: Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση με έμφαση στην Ευχρηστία**

Δημήτριος Μάριος - Ν - Ραγκούσης

Επιβλέπων: Ιωάννης Ιωαννίδης , Καθηγητής
Αικατερίνη Ελ Ράχεμπ , Υποψήφια Διδάκτορας

ΑΘΗΝΑ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διάδραση Ανθρώπου Υπολογιστή μέσω Αφής: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση με έμφαση στην Ευχρηστία

Δημήτριος Ν. Ραγκούσης

A.M.: 115201000108

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Αικατερίνη Ελ Ραχεμπ, Υποψήφια Διδάκτορας
Ιωάννης Ιωαννίδης, Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι συσκευές που δέχονται είσοδο μέσω αφής, πλέον καταλαμβάνουν σημαντικό μέρος στις ζωές μας και είναι παντού γύρω μας. Ως μία νέα και καινούρια τεχνολογία είναι αναγκαίο να καταγραφούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, ιδιότητες, τρόποι εισόδου, αρχές σχεδίασης και ζητήματα που πρέπει να λάβει κανείς υπόψη του όταν σχεδιάζει εφαρμογές για αυτές. Ανατρέχοντας κανείς σε επιστημονική βιβλιογραφία γίνεται αντιληπτό ότι δεν υπάρχει κάποια συγκεντρωτική παρουσίαση των χαρακτηριστικών αυτών αλλά μόνο έρευνες σε εστιασμένες περιοχές της επαφής ανθρώπου μηχανής μέσω αφής. Μέχρι τώρα, δεν υπάρχει κάποιο έργο καταγραφής και σχολιασμού αυτών των ιδιαιτεροτήτων καθώς και των παραμέτρων γύρω από την αλληλεπίδραση με αφή. Έτσι είναι αντιληπτό ότι είναι επιτακτική ανάγκη μιας προσπάθειας σύνοψης των κύριων χαρακτηριστικών και γνωρισμάτων των συσκευών που υποστηρίζουν τέτοιου είδους αλληλεπίδρασης. Η εργασία αυτή αποτελεί μια τέτοια προσπάθεια. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής θα παρουσιαστούν ζητήματα που σχετίζονται με τη διάδραση, χωρίς περεταίρω εμβάθυνση σε περιοχές όπως τεχνικές λεπτομέρειες των οθονών ή επιφανειών αυτών ή αλγόριθμους αναγνώρισης χειρονομιών (gestures). Αρχικά, παρουσιάζεται μια εισαγωγή στη αλληλεπίδραση υπολογιστή-ανθρώπου μέσω της αφής έτσι ώστε ο αναγνώστης να κατανοήσει τι ακριβώς είναι αυτός ο τρόπος αλληλεπίδρασης. Στη συνέχεια γίνεται μια ιστορική αναδρομή της αλληλεπίδρασης με επαφή, με έμφαση στα στοιχεία που τη διαμόρφωσαν στη μορφή που την γνωρίζουμε μέχρι τις μέρες. Κατόπιν παρουσιάζονται οι τρόποι με τους οποίους ένας χρήστης μπορεί να δώσει είσοδο (input) σε συσκευές που υποστηρίζουν αυτού του είδους αλληλεπίδραση (κάτι που τις διαφοροποιεί σε μεγάλο βαθμό από τον κλασικό τρόπο που χειριζόμαστε έναν Ηλεκτρονικό Υπολογιστή μέσω πληκτρολογίου και ποντικιού). Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων αυτού του είδους αλληλεπιδράσεων καθώς αυτά συνέβαλαν καθοριστικά στην επικράτηση των οθονών και επιφανειών αφής στις μέρες μας. Το επόμενο κεφάλαιο της εργασίας σχετίζεται με τις χειρονομίες (gestures). Στη συνέχεια, γίνεται μια προσπάθεια παρουσίασης των ομάδων που μπορούν να χωριστούν τις χειρονομίες με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Ακολουθεί μια προσπάθεια καταγραφής των χειρονομιών που χρησιμοποιούνται στις συσκευές ή επιφάνειες γύρω μας καθώς και των ενεργειών που σχετίζονται. Ύστερα παρουσιάζεται μια κατάταξη των χειρονομιών που αναφέρθηκαν με βάση τα γνωρίσματά τους. Ακολουθούν τρόποι σχεδίασης των χειρονομιών και εφαρμογών για συσκευές με οθόνες αφής που θα βοηθήσουν στην αύξηση της παραγωγικότητας και της απόδοσής τους. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα προβλήματα και τα ζητήματα που πρέπει να δοθεί προσοχή και η το πως τα πληκτρολόγια που γνωρίζουμε μπορούν να βελτιωθούν για τη χρήση τους σε περιβάλλοντα αφής, καθώς και οι σύγχρονες τάσεις γύρω από τη σχεδίαση.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Επικοινωνία Ανθρώπου Μηχανής

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: χειρονομίες, αφή, σχεδίαση, οθόνες αφής, στυλό

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την Κατερίνα Ελραχεμπ για την απεριόριστη παροχή βοήθειας, καθολική συμβολή, στήριξη και επίβλεψη σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της εργασίας, τους γονείς μου, καθώς και τους φίλους μου Ελευθερία, Θανάση και Γιώργο για την υπομονή και την στήριξη που παρείχαν όλο αυτό το διάστημα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Ορισμοί.....	9
1.2 Στόχος εργασίας.....	10
1.3 Ιστορική Αναδρομή.....	11
2. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΦΗΣ	16
2.1 Χαρακτηριστικά.....	16
2.2 Πλεονεκτήματα	17
2.3 Μειονεκτήματα.....	21
3. ΤΡΟΠΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ	26
3.1 Χειρονομίες.....	26
3.2 Στυλό.....	27
3.3 Πληκτρολόγια Χειρονομιών (Gesture Keyboards)	31
4. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΧΕΙΡΟΝΟΜΙΩΝ	35
4.1 Κατηγορίες Χειρονομιών.....	35
4.2 Συνηθισμένες χειρονομίες σε οθόνες αφής.....	38
4.3 Κατηγοριοποίηση Χειρονομιών	41
5. ΣΧΕΔΙΑΣΗ	44
5.1 Οδηγίες-Προτάσεις για την ανάπτυξη εφαρμογών σε οθόνες αφής.....	44
5.2 Ανοιχτά ζητήματα	50
5.3 Σύγχρονες τάσεις στη σχεδίαση	52
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	55
ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	57
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	60
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1 – iPhone [105]
Εικόνα 2 - Ελεγκτής εναέριας κυκλοφορίας που δέχεται είσοδο μέσω αφής [2]
Εικόνα 3 - Το σύστημα PLATO IV [2]
Εικόνα 4 - Η ταμπλέτα που δημιουργήθηκε από το πανεπιστήμιο του Τορόντο [2]
Εικόνα 5 - portfolio wall [2]
Εικόνα 6 - το κινητό τηλέφωνο N1 [11]
Εικόνα 7 - Το 1ο Iphone [94]
Εικόνα 8 - Microsoft Surface [12]
Εικόνα 9 Αριστερά οθόνη αντίστασης Δεξιά χωρητική οθόνη [106]
Εικόνα 10 - Η οθόνη ξεκλειδώματος του iPhone [107]
Εικόνα 11 - Η οθόνη εισερχόμενης κλήσης του iPhone [29]
Εικόνα 12 - λαβή τριπόδου
Εικόνα 13 - relaxed tripod Grip [39]
Εικόνα 14 - Sketch grip [39]
Εικόνα 15 - συμπτυγμένη λαβή [39]
Εικόνα 16 - λαβή τυλίγματος[39]
Εικόνα 17 - Πληκτρολόγιο σε οθόνη αφής [108]
Εικόνα 18 - Δημιουργία λέξης μέσω χειρονομίας [54]
Εικόνα 19 – Χειρονομία Άγγιμα [71]
Εικόνα 20 - Χειρονομία Διπλό Άγγιμα [71]
Εικόνα 21 – Χειρονομία άγγιγμα διαρκείας [71]
Εικόνα 22 - Χειρονομία τσίμπημα [71]
Εικόνα 23 - Χειρονομία άνοιγμα [71]
Εικόνα 24 - Χειρονομία Περιστροφή [71]
Εικόνα 25 - Χειρονομία Τραβήγματος [71]
Εικόνα 26 - Χειρονομία Άγγιγμα και τράβηγμα [71]
Εικόνα 27 – Χειρονομία Γρήγορου τραβήγματος [71]
Εικόνα 28 - Χειρονομία Τραβήγματος με δύο δάχτυλα [71]
Εικόνα 29 - Χειρονομία μαζέματος [71]
Εικόνα 30 - Χειρονομία αγγίγματος διαρκείας με δύο δάχτυλα [71]
Εικόνα 31 - Οθόνη αφής σε οριζόντια θέση [80]
Εικόνα 32 - Οθόνη αφής σε πλάγια θέση [81]
Εικόνα 33 - Οθόνη αφής σε κάθετη θέση [82]
Εικόνα 34 - Χερούλια για την ευκολότερη επιλογή κειμένου [90]
Εικόνα 35 - Ενημέρωση χρήστη μέσω διαλόγου στο iPhone [92]
Εικόνα 36 - Ενημέρωση χρήστη μέσω διαλόγου στο Android [93]
Εικόνα 37 - Ενημέρωση χρήστη μέσω διαλόγου στο Windows Phone [94]
Εικόνα 38 - Διαφορετικός αριθμός κουμπιών σε συσκευή Android, Windows Phone, iPhone
Εικόνα 39 - Εφαρμογή ατζέντας στο iPad [97]
Εικόνα 40 – Παράδειγμα σχεδιασμού με επίπεδα [110]
Εικόνα 41 - Αριστερά: εφαρμογή βασισμένη στο σκευομορφισμό – Δεξιά :εφαρμογή βασισμένη στην επίπεδη σχεδίαση
Εικόνα 42 Google Now Παράδειγμα σχεδιασμού κάρτας με επίπεδη σχεδίαση [109]

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1-Πίνακας Πλεονεκτημάτων και Μειονεκτημάτων της διεπαφής μέσω αφής
- Πίνακας 2- Διαφορές Στυλού-Χεριού
- Πίνακας 3-Ταξινόμηση χειρονομιών
- Πίνακας 4-Γνωστές χειρονομίες
- Πίνακας 5-Ταξινόμηση χειρονομιών με βάση τα κριτήρια της ενότητας 1.8

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας που απαιτείται για την ολοκλήρωση σπουδών, με βάση το πρόγραμμα σπουδών του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμοί

Αναμφίβολα, τη τελευταία δεκαετία οι οθόνες αφής είναι παντού γύρω μας. Τα κινητά με οθόνες αφής είναι ένα από τα πιο δημοφιλή και πρώτα σε πωλήσεις συσκευές των ημερών μας. Ταυτόχρονα, τα οι ταμπλέτες (tablets) με οθόνες αφής, έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τους φορητούς υπολογιστές (laptops). Δεν χρειάζεται πολύ σκέψη, για να καταλάβει κανείς ότι οι συσκευές με επιφάνειες αφής καταλαμβάνουν όλο και περισσότερο μέρος στην καθημερινή μας ζωή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ερχόμαστε όλο και περισσότερο σε επαφή με συσκευές που έχουν επιφάνειες. Οι επιφάνειες αυτές διαφέρουν στο μέγεθος, όπου μπορούν να κυμαίνονται από μια μικρή οθόνη κινητού μέχρι ένα μεγάλο διαδραστικό «τοιχο» πολλών μέτρων. Άλλες οθόνες αφής μπορούν να αναγνωρίσουν διαφορετικούς βαθμούς πίεσης ή να ανιχνεύσουν αν το άγγιγμα σε αυτές είναι συνεχόμενο ή μεμονωμένο, ενώ άλλες μπορούν να «αισθάνονται» περισσότερα σημεία επαφής από ότι άλλες. Άλλες έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν στυλό και άλλες όχι. Για την καλύτερη κατανόηση αυτής της τεχνολογίας, είναι σημαντικό κάποιος να παρατηρήσει την εξέλιξη της από την αρχή της δημιουργίας της, μέχρι τις μέρες μας.

Αναμφίβολα, η εμφάνιση του iPhone το 2007 [1] μας έφερε σε επαφή με έναν άλλον τρόπο διάδρασης μεταξύ συσκευών η υπολογιστή, τη διάδραση μέσω αφής. Πριν από την κυκλοφορία του, λίγοι ήταν εκείνοι που ήξεραν για τη δυνατότητα, οι υπολογιστές ή υπολογιστικές συσκευές όπως κινητά ή συσκευές όπως ο Προσωπικός Ψηφιακός Οδηγός (PDA) να δέχονται είσοδο (input), μέσω αφής. Στη πραγματικότητα αυτός ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή έχει αναπτυχθεί από το 1985 [2]. Στις μέρες μας ο τρόπος αυτός έχει διαδοθεί και καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της επαφής μας με υπολογιστές. Τα σύγχρονα κινητά ή οι ταμπλέτες (tablets) που πλέον είναι διαδομένα και αντικαθιστούν τους φορητούς υπολογιστές (laptops) σε πολλές χρήσεις είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα το πώς ο χρήστης μπορεί να χειριστεί μια συσκευή μέσω αγγιγμάτων στην οθόνη αντί φυσικών κουμπιών. Παράλληλα, πολλές εφαρμογές υπάρχουν και σε μουσεία όπου οι επισκέπτες μπορούν να αλληλοεπιδράσουν όχι μόνο με συσκευές αλλά ακόμα και με εξειδικευμένες επιφάνειες, οι οποίες δέχονται «εντολές» μέσω αφής ακόμα και από παραπάνω από ένα άτομα. Εύκολο, λοιπόν κανείς καταλαβαίνει ότι η αλληλεπίδραση τέτοιου είδους είναι παντού γύρω μας. Ο τρόπος αυτής της αλληλεπίδρασης τείνει να αντικαταστήσει τις παραδοσιακές μονάδες εισόδου, τις λεγόμενες ΠΕΠΕ, συντομογραφία από τα αρχικά Ποντίκι, Επιλογείς, Παράθυρα, Εικονίδια, από τον αγγλικό όρο “WIMP Windows Icons Menus Pointer” αυτά έχουν καθιερωθεί στους προσωπικούς υπολογιστές [3]. Η αλληλεπίδραση μέσω της αφής, σε πολλές συσκευές χρήζει ειδικής μεταχείρισης σε σχέση με την αλληλεπίδραση μέσω συσκευών εισόδου όπως το ποντίκι και το πληκτρολόγιο που είναι χρόνια εδραιωμένο στους επιτραπέζιους υπολογιστές (desktop) όσο και στους φορητούς. Η έλευση συσκευών όπως τα έξυπνα τηλέφωνα (smartphones) και οι ταμπλέτες (tablets) αλλάζουν διαρκώς την αντίληψη των μαζών για την επαφή τους με τους υπολογιστές. Παράλληλα, η έλευση αυτού του τρόπου διάδρασης, έχει φέρει



Εικόνα 1 – iPhone [105]

καινούριες ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν από την επιστημονική κοινότητα. Ένα σημαντικό θέμα που χρήζει έρευνας είναι το πώς αυτός ο τρόπος διάδρασης μέσω αφής μπορεί να εκμεταλλευθεί για τη βελτίωση της ευχρηστίας. Τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις δεν περιορίζονται μόνο σε αυτές τις συσκευές αλλά υπάρχουν και σε αυτόματα μηχανήματα πώλησης εισιτηρίων στα μέσα μαζικής μεταφοράς ή σε συναλλαγές με τράπεζες μέσω των Α.Τ.Μ.. Έτσι, παρατηρείται μια μετάβαση στον τύπο της διεπαφής χρήστη (User Interface) UI. Μέχρι στιγμής ο διαδεδομένος τρόπος είναι ο χρήστης να βλέπει και να εισάγει πληροφορία μέσω γραφικού περιβάλλοντος σε μια οθόνη με γραφικά στοιχεία, όπως παράθυρα, επιλογείς, κουμπιά, εικονίδια και άλλα στοιχεία με τα οποία μπορεί να αλληλεπιδράσει μέσω ποντικιού ή πληκτρολογίων ή άλλων αντίστοιχων συσκευών γνωστό ως Γραφικό Περιβάλλον Χρήστη (GUI). Πλέον αρχίζει να εδραιώνεται ένας καινούριος τρόπος διάδρασης. Σε αυτόν, η «συσκευή» που δίνει είσοδο στον υπολογιστή, είναι το ανθρώπινο σώμα, χωρίς να παρεμβάλλεται άλλο ενδιάμεσο μέσο ή κάποιο περιβάλλον χρήστη. Έτσι οδηγούμαστε σε ένα νέο περιβάλλον διάδρασης το οποίο καλείται φυσικό περιβάλλον χρήστη (NUI) [4] και θεωρείται η εξέλιξη του GUI.

Αυτός ο τρόπος διάδρασης έχει φέρει πολλές αλλαγές στο σχεδιασμό εφαρμογών που αφορούν σε τέτοιες συσκευές για αυτό και είναι επιτακτική η ανάγκη να καταγραφούν τα χαρακτηριστικά και χρήσεις του. Αρχικά πρέπει να αποσαφηνιστεί τι είναι η επικοινωνία ανθρώπου-υπολογιστή μέσω της αφής. Αναμφίβολα, όταν κάποιος σκέφτεται επικοινωνία ή διάδραση μέσω αφής το συνδέει με τη χρησιμοποίηση των δαχτύλων του, προκειμένου να ελέγξει μια συσκευή ή για να δώσει είσοδο σε μια επιφάνεια συσκευής. Προσεγγίζοντας το θέμα από μια άλλη οπτική γωνία κάποιος θα μπορούσε να υποστηρίξει, ότι εφόσον χρησιμοποιώντας ποντίκι ή πληκτρολόγιο για την είσοδο εντολών και δεδομένων σε ένα υπολογιστή χρησιμοποιούνται τα δάχτυλα, η επικοινωνία γίνεται μέσω αφής. Μάλιστα, το πληκτρολόγιο μπορεί να θεωρηθεί συσκευή που υποστηρίζει αναγνώριση πολλών σημείων αφής (multitouch) δεδομένου ότι πολλά κουμπιά του μπορούν να πατηθούν ταυτόχρονα. Η άποψη αυτή ενισχύεται από τον W.Buxton που υποστηρίζει ότι ιστορικά η πρώτη διάδραση μεταξύ υπολογιστή και ανθρώπου, δηλαδή μέσω του πληκτρολογίου αποτελεί παράδειγμα διάδρασης με αφή [2], όπως αυτό υποστηρίζεται και παλιότερα από τους Nakatani L. H. & Rohrlisch John A. σε άρθρο τους το 1983 [5]. Οι ίδιοι για πρώτη φορά έκαναν τη διάκριση ανάμεσα σε μαλακές συσκευές (soft machines) και σκληρές συσκευές (hard machines). Με τον όρο «σκληρές» χαρακτήριζαν συσκευές όπως κουζίνες ή φωτοτυπικά για παράδειγμα που για να τις χειριστεί κανείς έπρεπε να γυρίσει μοχλούς, να «ανεβοκατεβάσει» διακόπτες και να πατήσει κουμπιά. Οι συσκευές αυτές περιορίζουν τη λειτουργικότητα τους λόγω των φυσικών του χαρακτηριστικών που είναι αμετάβλητα. Σε αντίθεση, χαρακτήρισαν ως μαλακές τις συσκευές που απαρτίζονται από μια οθόνη και παρουσιάζουν εικόνες και γραφικά σχεδιασμένα από υπολογιστή τα οποία ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει για την χειρισμό της συσκευής. Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι οι «μαλακές» (soft) επιφάνειες διάδρασης, όπως ορίζεται από τον Buxton, δηλαδή οθόνες που έχουν συσκευές όπως τα κινητά, tablets ή άλλες, επομένως οποιαδήποτε αναφορά γίνεται σε αλληλεπιδραση μέσω αφής θα σχετίζεται με αυτές και όχι σε κάτι σχετικό με πληκτρολόγιο ή ποντίκι.

1.2 Στόχος εργασίας

Παρά την ευρεία εξάπλωση των συσκευών αφής παρατηρείται μια έλλειψη επιστημονικών κειμένων στα οποία να αναφέρονται σφαιρικά όλα τα στοιχεία των συσκευών με οθόνες αφής. Ανατρέχοντας στο διαδίκτυο εύκολα κάποιος μπορεί να βρει επιστημονικά άρθρα,

πρακτικά συνεδρίων, αναφορές γύρω από την επαφή ανθρώπου-μηχανής μέσω της αφής τα οποία εξειδικεύονται σε κάποια πτυχή και όχι στο σύνολο των χαρακτηριστικών της. Θεωρείται αναγκαίο να υπάρξει μια καταγραφή όλων των πλευρών, ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών της επαφής μεταξύ ανθρώπου μηχανής μέσω της αφής. Η παρούσα εργασία αποτελεί μια τέτοια προσπάθεια. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο αναγνώστης αρχικά να καταλάβει τι οδήγησε στην ευρεία εξάπλωση των οθονών αφής από τη δημιουργία τους μέχρι τις μέρες μας, να αντιληφθεί ποια είναι τα στοιχεία εκείνα που οδήγησαν στην τεράστια αποδοχή από το κοινό, τους τρόπους τους οποίους ένας χρήστης μπορεί να αλληλοεπιδράσει με μια τέτοια συσκευή καθώς και τους περιορισμούς και προβλήματα που περιστοιχίζουν αυτήν την τεχνολογία. Επίσης, ο αναγνώστης διαβάζοντας τη παρούσα εργασία, θα πρέπει να είναι σε θέση να γνωρίζει τρόπους με τους οποίους μπορεί να αξιοποιηθούν καλύτερα τόσο οι ευκολίες, καθώς και τρόπους αντιμετώπισης ή μείωσης των προβλημάτων που τη συνοδεύουν. Ακόμη, ο αναγνώστης θα μάθει μερικές βασικές προτάσεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά τη σχεδίαση εφαρμογών για τέτοιες συσκευές. Τέλος, ο αναγνώστης θα μπορεί να κατανοήσει ποια είναι τα άλυτα προβλήματα που υπάρχουν στις μέρες μας και χρειάζονται περαιτέρω συζήτηση.

1.3 Ιστορική Αναδρομή

Όπως προαναφέρθηκε η οθόνη αφής αποτελεί προϊόν εξέλιξης πολλών ετών έρευνας και ανάπτυξης . Παρόλο που οι συσκευές αφής που βρίσκονται γύρω μας βασίζονται πολύ στις αρκετά πρόσφατες καινοτομίες των υλικών καθώς και στην ελαχιστοποίηση του μεγέθους των κυκλωμάτων εξελίσσονται από εταιρίες και επιστημονικές κοινότητες για παραπάνω από σαράντα πέντε χρόνια.

Ο Bill Buxton στο έργο του “multi-touch systems that i have known and loved” κάνει μια πολύ καλή καταγραφή των στοιχείων που διαφοροποιούν τη τεχνολογία αυτή και την καθιστούν ξεχωριστή σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες που χρησιμοποιούνται για την επαφή με υπολογιστές. Το έργο του αυτό αποτελεί μια πολύ καλή και συνοπτική επισκόπηση όλων των ιδιοτήτων που οδήγησαν στην εδραίωση αυτής της τεχνολογίας και το άρθρο του αυτό αποτελεί αναμφίβολα μια από τις μεγαλύτερες και πιο αξιόπιστες πηγές, πάνω στις οποίες βασίστηκε αυτή η εργασία. Υπάρχουν διάσπαρτα πολλά κομμάτια του έργου του που παρουσιάζονται μεταφρασμένα στην παρούσα εργασία, λόγω της εξαιρετικής έρευνας που έχει κάνει γύρω από τη διάδραση ανθρώπου μηχανής και αναμφίβολα αποτελεί βάση για οποιαδήποτε επιστημονική δραστηριότητα ή έρευνα γύρω από τη διάδραση ανθρώπου μηχανής μέσω της αφής.

Η πρώτη εμφάνιση των συσκευών αφής έγινε το 1965 όταν ο E.A. Johnson περιέγραψε το έργο του πάνω σε οθόνες αφής σε ένα άρθρο του. Το έργο του βρήκε εφαρμογή σε οθόνες ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας σε πύργους ελέγχου αεροδρομίων. Μάλιστα, ο τύπος της οθόνης που χρησιμοποιήθηκε είναι ο ίδιος με αυτόν που χρησιμοποιείται σήμερα δηλαδή αναγνώριζε την επαφή όπως οι «ανθεκτικές» οθόνες. Η οθόνη, που δημιούργησε, δέχονταν είσοδο μέσω ανίχνευσης αλλαγών στο ηλεκτρικό πεδίο [6].



Εικόνα 2 - Ελεγκτής εναέριας κυκλοφορίας που δέχεται είσοδο μέσω αφής [2]

Ένας άλλος σημαντικός σταθμός στην ιστορία της εξέλιξης των οθονών αφής είναι το 1972 όταν μια επιστημονική ομάδα από το Πανεπιστήμιο του Ιλινόις (Illinois) κατοχύρωσε την πατέντα για την οπτική οθόνη αφής. Αυτού του τύπου οθόνες ενσωματώθηκαν στο σύστημα PLATO IV. Η οθόνη αυτή είχε ένα πλέγμα από δεκαέξι επί δεκαέξι ακτίνες που όταν κάποια διακόπτονταν λόγω παρεμβολής δαχτύλων ο υπολογιστής αναγνώριζε σαν είσοδο και μπορούσε να υπολογίσει την θέση της παρεμβολής [9].

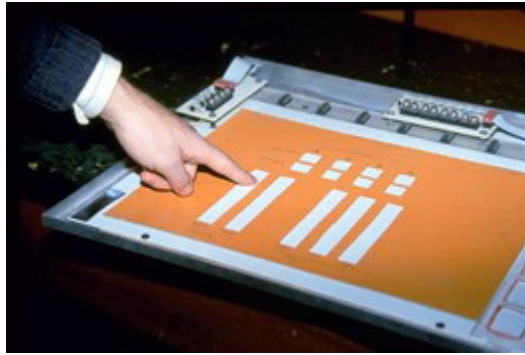


Εικόνα 3 - Το σύστημα PLATO IV [2]

Το πρώτο σύστημα αναγνώρισης πολλών σημείων αφής αναπτύχθηκε το 1982 από το πανεπιστήμιο του Τορόντο. Το σύστημα αυτό αποτελούνταν από ένα γυαλί με μια κάμερα που εντόπιζε μαύρα σημεία που δημιουργούταν από τις σκιές των δαχτύλων [2].

Η πρώτη οθόνη αφής που θυμίζει σε μεγάλο βαθμό τις σημερινές αναπτύχθηκε το 1984 από τα Bell Labs στο New Jersey. Η οθόνη αποτελούνταν από αισθητήρες ηλεκτρικού φορτίου σε ένα καθοδικό σωλήνα [2].

Το 1985 αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο του Τορόντο μια οθόνη αφής για ταμπλέτα η οποία είχε τη δυνατότητα να αντιληφθεί πολλά ταυτόχρονα αγγίγματα, έχοντας μεγάλη ακρίβεια στη θέση και στο βαθμό της πίεσης που ασκήθηκε και ήταν πολύ πιο λεπτό σε σχέση με αντίστοιχα συστήματα που βασίζονταν στη χρήση κάμερας [2].



Εικόνα 4 - Η ταμπλέτα που δημιουργήθηκε από το πανεπιστήμιο του Τορόντο [2]

Το 1991 δημιουργήθηκε το πρώτο κινητό τηλέφωνο που πλησιάζει πολύ την έννοια του έξυπνου κινητού των ημερών μας. Το κινητό αυτό δεν είχε πραγματικά κουμπιά που ο χρήστης μπορούσε να πατήσει αλλά για τον έλεγχο του ο χρήστης βασίζονταν στα γραφικά στοιχεία που εμφανίζονταν στην οθόνη αφής [10].

Το 1999 αναπτύχθηκε ο πρώτος διαδραστικός τοίχος με όνομα "Portfolio Wall" στον οποίο προβάλλονταν εικόνες. Παρόλο, που δεν υποστήριζε πολλαπλά σημεία επαφής, ο έλεγχος του γίνονταν από με τη χρήση του δαχτύλου και μιας πληθώρας διαφορετικών χειρονομιών [2].



Εικόνα 5 - portfolio wall [2]

Το 2004 κυκλοφόρησε στην αγορά το κινητό τηλέφωνο N1 από τη σουηδική εταιρεία Neopode το οποίο είχε οθόνη αφής, το οποίο σε αντίθεση με τα υπόλοιπα υποστήριζε τη χρήση gestures, καθώς και δόνηση σε κάθε άγγιγμα της οθόνης [2].



Εικόνα 6 - το κινητό τηλέφωνο N1 [11]

Το 2007 κυκλοφόρησε το πρώτο iPhone που έφερε επανάσταση στα κινητά, καθώς υποστήριζε περισσότερα από ένα σημεία επαφής, υποστήριζε τη χρήση χειρονομιών τόσο για το χειρισμό εικόνων όσο και σε φυλλομετρητές (browsers).



Εικόνα 7 - Το 1ο Iphone [94]

Ταυτόχρονα το 2007 η Microsoft δημιούργησε το surface, ένα διαδραστικό τραπέζι που είχε τη δυνατότητα να αναγνωρίζει παραπάνω χέρια και δάχτυλα, καθώς και αντικείμενα που τοποθετούνταν πάνω σε αυτό.



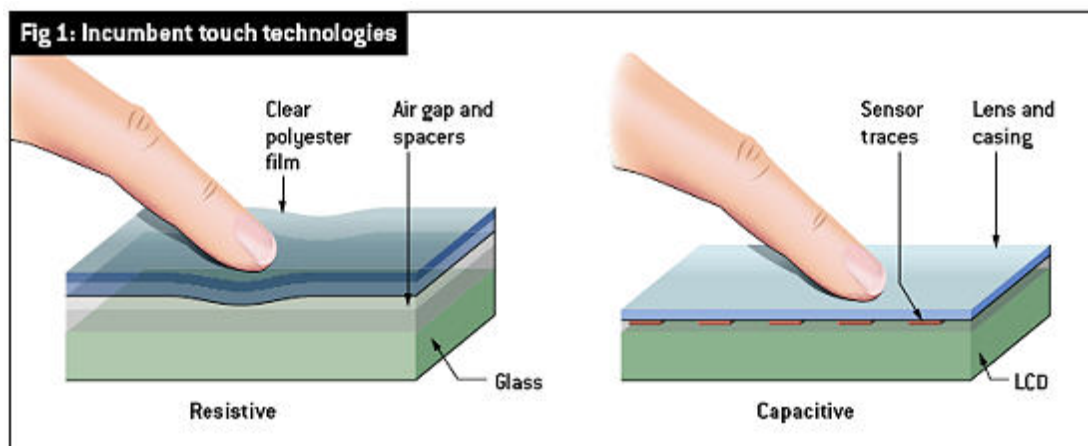
Εικόνα 8 - Microsoft Surface [12]

2. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΦΗΣ

2.1 Χαρακτηριστικά

Οι συσκευές ή οθόνες που υποστηρίζουν τη διάδραση μέσω της αφής παρουσιάζουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά που τις ξεχωρίζουν σε σχέση με τις υπόλοιπες. Όπως προαναφέρθηκε, το εύρος των συσκευών αυτών είναι πολύ μεγάλο με πολλές διαφορετικές ιδιαιτερότητες των συσκευών ή επιφανειών αυτών, σε συνδυασμό με την ταχύτατη εξέλιξη τους, με την εμφάνιση καινούριων συσκευών με νέες δυνατότητες κάνει επιτακτική την ανάγκη παρουσίασης των ιδιοτήτων τους αλλά και των περιορισμών τους. Μερικά από τα σημαντικά χαρακτηριστικά των οθονών αφής είναι τα παρακάτω:

- Για την αναγνώριση των σημείων επαφής στις σύγχρονες συσκευές, κυρίως, χρησιμοποιούνται αισθητήρες αλλαγής του ηλεκτρικού πεδίου. Η αλλαγή στο ηλεκτρικό πεδίο συμβαίνει λόγω του φορτίου που έχει το δάχτυλο ή το στυλό όταν ακουμπά την οθόνη. Ταυτόχρονα αισθητήρες υπολογίζουν τη θέση αυτού του αγγίγματος. Οι οθόνες αυτές ονομάζονται χωρητικές (capacitive). Συνήθως, αποτελούνται από κάποια επίπεδα γυαλιού και ένα επίπεδο με αισθητήρες. Τέτοιες οθόνες αποτυγχάνουν να αναγνωρίσουν μια επαφή όταν παρεμβάλλεται κάποιο αντικείμενο που λειτουργεί ως μονωτής μεταξύ οθόνης και δαχτύλου ή στυλού [6].
- Επίσης έχουν αναπτυχθεί οθόνες που για να αναγνωρίσουν την επαφή αντιλαμβάνονται την πίεση στο συγκεκριμένο σημείο. Οι οθόνες αυτές καλούνται οθόνες αντίστασης (resistive) οθόνες που αντιλαμβάνονται την επαφή μέσω της πίεσης που ασκείται σε αυτές στην επιφάνεια τους [7] [8]. Οι οθόνες αυτές αποτελούν παρά την αρχική τους εδραίωση, γρήγορα ξεπεράστηκαν και έμειναν στο περιθώριο λόγω της δυσκολίας χρήσης τους καθώς ο χρήστης έπρεπε να ασκεί δύναμη πάνω στην οθόνη προκειμένου να «πυροδοτήσει» την είσοδο με αποτέλεσμα να είναι πιο δύσχρηστες για καθημερινή χρήση. Ταυτόχρονα ο τρόπος λειτουργίας τους δεν ενθάρρυνε την δημιουργία χειρονομιών για αυτές, καθώς ήταν πολύ δύσκολη η σχεδίαση τους από το χρήστη. Συνεπώς, γρήγορα αντικαταστάθηκαν από τις χωρητικές οθόνες, των οποίων η χρήση ήταν πιο εύκολη.



Εικόνα 9 Αριστερά οθόνη αντίστασης

Δεξιά χωρητική οθόνη [106]

- Κύριο χαρακτηριστικό των συσκευών αυτών, όπως είναι σαφές, είναι ότι δεν έχουν κάποιο πληκτρολόγιο ή ποντίκι και ο μόνος τρόπος διάδρασης με αυτές είναι μέσω των δαχτύλων ή κάποιας ειδικής συσκευής όπως είναι το στυλό ή γραφίδα.
- Η είσοδος που δέχονται μπορεί να αναγνωριστεί είτε με απόλυτο τρόπο είτε με σχετικό. Απόλυτος τρόπος θεωρείται όταν λαμβάνονται οι ακριβείς συντεταγμένες ενός σημείου επαφής, ενώ σχετικός θεωρείται όταν η πληροφορία της εισόδου σχετίζεται με τη φορά και τη διεύθυνση που έγινε. Με αυτή τη δυνατότητα είναι εφικτός ο σχεδιασμός και αναγνώριση διαφορετικών χειρονομιών που οδηγούν σε διαφορετικές ενέργειες η κάθε μία. Επιπλέον, με κατάλληλο σχεδιασμό είναι δυνατή η πολύπλεξη αυτών των δύο μεθόδων ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής.
- Μερικές συσκευές μπορούν να διακρίνουν μεταξύ διαφορετικών επιπέδων πίεσης σε ένα μεμονωμένο σημείο της οθόνης, χωρίς να είναι βέβαιο αν θα μπορούν να αναγνωρίσουν τα επίπεδα πίεσης, όταν υπάρχουν πολλά σημεία επαφής ταυτόχρονα, σε όλα τα σημεία.
- Επειδή δεν έχουν μηχανικά μέρη, δεν υπάρχει περιορισμός στη δυνατότητα να αναγνωρίζουν περισσότερα από ένα σημεία επαφής. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να αλληλοεπιδρούν με αυτές ένα η περισσότερα δάχτυλα ή ακόμα και δύο χέρια ή δύο και παραπάνω άτομα. Πρακτικά, όμως υπάρχουν περιορισμοί στο πόσα σημεία μπορεί να αναγνωρίσει μια τέτοια συσκευή έτσι οδηγούμαστε σε ένα σημαντικό πρόβλημα που είναι το πόσα μπορεί να κάνει ο άνθρωπος και τα πόσα μπορεί να αναγνωρίσει η συσκευή.
- Οι συσκευές αυτές μπορούν να αναγνωρίζουν αν η είσοδος που δέχονται, δηλαδή οι επαφές σε συγκεκριμένα σημεία, είναι διαρκής ή είναι μεμονωμένη, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα για διαφορετική λειτουργία στην κάθε περίπτωση.
- Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, είναι το πλήθος των σημείων της επιφάνειας της οθόνης που μια συσκευή μπορεί να δέχεται είσοδο. Αυτό επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το πόσα δάχτυλα, χέρια ή ακόμα και άτομα μπορούν να την χρησιμοποιούν ταυτόχρονα. Οπότε, τέτοιες οθόνες γίνονται ιδανικές για εργασίες που απαιτούν παραπάνω από ένα άτομα ή για εκπαιδευτικούς σκοπούς.
- Υπάρχει η δυνατότητα οι συσκευές αυτές όχι μόνο να αναγνωρίζουν τις συνταγμένες ενός σημείου επαφής αλλά να αναγνωρίσουν και το είδος της επιφάνειας που έγινε η επαφή. Δηλαδή είναι δυνατό να γίνει διαχωρισμός των αντικειμένων που χρησιμοποιούνται που μπορεί να είναι από στυλό (stylus) χέρι η κάποια ηλεκτρονική συσκευή όπως φωτογραφική μηχανή η κινητό όπως συμβαίνει στο διαδραστικό τραπέζι της Microsoft, Microsoft surface.

2.2 Πλεονεκτήματα

Πίνακας 1-Πίνακας Πλεονεκτημάτων και Μειονεκτημάτων της διεπαφής μέσω αφής

Πίνακας Πλεονεκτημάτων και Μειονεκτημάτων της διεπαφής μέσω αφής
Πλεονεκτήματα
Ανθεκτικότητα-Αντοχή
Αμεσότητα-Ταχύτητα

Ενσωμάτωση
Νοητικό Φορτίο
Αμεσότητα
Εκμάθηση
Προσαρμοστικότητα
Παράλληλη χρήση
Ευελιξία χειρονομιών
Μειονεκτήματα
Αναγνώριση κατάστασης συστήματος
Εύρος σχεδίασης χειρονομιών
Εκκίνηση ενεργειών
Απόσταση από την οθόνη
Χαρακτηριστικά χειριού
Δυσκολίες χρήσης
Προβλήματα σχεδιασμού
Κλιμάκωση

Κανείς δεν μπορεί να αμφισβητήσει την ραγδαία εξάπλωση των οθονών αφής τα τελευταία χρόνια. Η ευρεία αποδοχή από το κοινό, αποδεικνύει ότι οι οθόνες αφής προτιμώνται σε σχέση με τις εναλλακτικές τους. Ουσιαστικά, βιώνουμε μια εποχή που οι οθόνες αφής αποτελούν μέρος συσκευών που αποτελούν ολοκληρωμένο υπολογιστή. Οι οθόνες αυτές χρησιμοποιούνται τόσο για είσοδο, όσο και για έξοδο. Λόγω αυτού, είναι ουσιώδες να γίνει σύγκριση μεταξύ τέτοιων συσκευών και των υπολογιστών που γνωρίζουμε. Οι συσκευές αφής παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους καθιερωμένους υπολογιστές, τόσο λόγω των φυσικών τους χαρακτηριστικών, όσο και του τρόπου που δέχονται είσοδο. Ακολουθούν πλεονεκτήματα που δεν περιορίζονται μόνο στη χρήση καθημερινών συσκευών όπως οι ταμπλέτες ή τα έξυπνα τηλέφωνα καθώς και πλεονεκτήματα που εμφανίζονται σε συσκευές όπως διαδραστικά τραπέζια (tabletops), διαδραστικοί τοίχοι ή επαγγελματικά εργαλεία όπως οθόνες που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό γραφικών στοιχείων.

Ανθεκτικότητα-Αντοχή

Οι οθόνες αφής δεν έχουν μηχανικά μέρη έτσι αυτό τις καθιστά ιδανικές για χρήση σε μέρη που υπάρχουν δονήσεις ή κίνηση, όπως π.χ. ένα πιλοτήριο αεροπλάνου όπου συσκευές με μηχανικά μέρη θα ήταν πιο επιρρεπείς σε δυσλειτουργίες [2].

Λόγω των κατασκευών τους τέτοιες συσκευές μπορούν να λειτουργούν σε δύσκολα περιβάλλοντα, όπως πχ εργοστάσια καθώς η σκόνη δεν τις επηρεάζει ή ακόμα να λειτουργούν και αφού πέσει νερό πάνω τους κάτι που δε συμβαίνει με τους υπόλοιπους υπολογιστές.

Το γεγονός ότι δεν παρεμβάλλεται ενδιάμεση μηχανή εισόδου όπως πληκτρολόγιο ή ποντίκι δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσής τέτοιων συσκευών μέσα σε άλλα μηχανήματα ή τοίχους καθιστώντας τέτοια συστήματα ιδανικά για χρήση σε περιβάλλοντα που οι ίδιες οι συσκευές ή οι ενδιάμεσες συσκευές εισόδου μπορούν να κλαπούν ή να φθαρούν όπως σχολικές αίθουσες, σταθμοί μέσων μαζικής μεταφοράς, μηχανήματα ανάληψης μετρητών σε τράπεζες κλπ. [2].

Αμεσότητα-Ταχύτητα

Λόγω της αμεσότητας του τρόπου εισόδου, υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ χεριού ή δαχτύλου και κέρσορα πάνω στην οθόνη ο χειρισμός αντικειμένων στην οθόνη είναι πολύ εύκολος καθώς ουσιαστικά ισοδυναμεί με το χειρισμό των αντικειμένων στο πραγματικό κόσμο [13].

Οι οθόνες και επιφάνειες αυτές είναι ιδανικές όταν συνδυάζονται με εφαρμογές που σχετίζονται με παροχή πληροφοριών ή έχουν μόνο menu και δεν απαιτείται μεγάλη είσοδος δεδομένων.

Πειράματα που έχουν γίνει πρόσφατα, κατέγραψαν, ότι για την επιλογή στόχων σε τυχαίες τοποθεσίες, ότι ο γρηγορότερος χρόνος που καταγράφηκε για διεκπαιρέωση αυτής της εργασίας ήταν περίπου δύο μικρότερος σε σχέση με το χρόνο που απαιτήθηκε για τη διεκπαιρέωση της ίδιας ενέργειας με ποντίκι. Οι διοργανωτές του πειράματος υποστήριξαν ότι αυτή η μείωση στο χρόνο οφείλεται κυρίως στην κατευθείαν επαφή που είχαν οι συμμετέχοντες με την οθόνη [14].

Ενσωμάτωση (Embedding)

Η είσοδος σε τέτοιες οθόνες είναι γρήγορη και άμεση καθώς δεν παρεμβάλλονται ενδιάμεσες μηχανές για τις οποίες θα απαιτούνται περισσότερος χώρος όπως πληκτρολόγιο, διακόπτες ή φυσικά κουμπιά [2]. Αυτό τις καθιστά κατάλληλες για την ενσωμάτωση τους μέσα σε άλλες συσκευές, όπως μηχανήματα σε κάποιο εργοστάσιο, σε αντίθεση με την τοποθέτηση ενός τυπικού σταθερού υπολογιστή.

Νοητικό φορτίο

Όπως έχουν δείξει πειράματα από τους Appert και Zhai [15] καθώς και αποτελέσματα πρόσφατων πρακτικών συνεδρίων [16], η εκμάθηση και απομνημόνευση χειρονομιών για την εκκίνηση διεργασιών (invoking action) σε οθόνες αφής είναι πιο γρήγορη ακόμη και σε σύγκριση με την εκμάθηση συντομεύσεων από το πληκτρολόγιο.

Πειράματα, στα οποία ζητήθηκε από χρήστες να πατήσουν πάνω σε τυχαία σημεία με πληκτρολόγιο και ποντίκι και με τα δάχτυλα τους, έδειξαν ότι ακόμα και αρχάριοι χρήστες προτίμησαν να χρησιμοποιήσουν την αφή παρά πληκτρολόγιο και ποντίκι [17]. Τα αποτελέσματα, μάλιστα έδειξαν ότι ο μικρότερος χρόνος που καταγράφηκε για την επιλογή αντικειμένων ήταν τουλάχιστον δύο φορές μικρότερος από εκείνον που απαιτούνταν με το ποντίκι. Υποστηρίχθηκε από τους ανθρώπους που διεξήγαν το πείραμα ότι αυτό οφείλεται στην άμεση φύση της αλληλεπίδρασης μέσω της αφής, ενώ η βελτίωση του χρόνου που απαιτούνταν άγγιζε το 83% ανάμεσα στις δύο μεθόδους.

Αμεσότητα

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει και με βάση το KMS μοντέλο γίνει επειδή δεν παρεμβάλλεται άλλη μηχανή εισόδου μεταξύ υπολογιστή και χρήστη ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να ο χρήστης να δείξει (point) κάπου στην οθόνη είναι πολύ

μικρότερος από αυτόν που θα απαιτούνταν για το ίδιο αποτέλεσμα με ποντίκι όπως έχουν δείξει έρευνες από τις αρχές της δημιουργίας της έννοιας αλληλεπίδρασης ανθρώπου μηχανής μέσω αφής το 1980 [18].

Ταυτόχρονα, οι χειρονομίες δεν απαιτούν ο χρήστης να κοιτάει την οθόνη όταν εκτελεί χειρονομίες κάτι που είναι ιδιαίτερα βολικό όταν οι χειρονομίες συνδέονται με ενέργειες ή εντολές που πρέπει να εκτελεστούν συχνά.

Εκμάθηση

Λόγω της ευκολίας τους στο χειρισμό οι οθόνες και επιφάνειες αφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από αρχάριους καθώς δεν απαιτείται κάποια ιδιαίτερη γνώση χειρισμού που αναμφίβολα κάποιος που δεν έχει ξαναχρησιμοποιήσει, χρειάζεται λίγο χρόνο για να εξοικειωθεί ακόμα και με το πληκτρολόγιο και το ποντίκι.

Προσαρμοστικότητα

Αναμφίβολα το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των συσκευών αυτών όπως υποστηρίζεται από τον Buxton [2], είναι ότι οι συσκευές αυτές μπορούν να αντικαταστήσουν όλα τα φυσικά μέρη μιας άλλης συσκευής που σχετίζονται με την είσοδο. Έτσι, οι εφαρμογές σε αυτά συστήματα αυτά ουσιαστικά μπορούν να μετατραπούν σε οτιδήποτε θέλει ο προγραμματιστής τους. Ουσιαστικά ο χρήστης αντί να αλληλοεπιδρά με τη συσκευή, αλληλοεπιδρά με την εικόνα της συσκευής που προβάλλεται πάνω στην οθόνη. Για παράδειγμα, μπορεί εύκολα να προσομοιωθεί μια κιθάρα πάνω στην οθόνη που θα έχει τις ίδια χαρακτηριστικά με μία στον πραγματικό κόσμο, δηλαδή με το άγγιγμα διαφορετικών χορδών σε διαφορετικό σημείο της χορδής μπορούν να παραχθούν διαφορετικοί ήχοι εάν έχει προγραμματιστεί κατάλληλα. Αντίστοιχα το πληκτρολόγιο ενός κινητού τηλεφώνου μπορεί να εύκολα να σχεδιαστεί πάνω στην οθόνη όπου τα κουμπιά θα έχουν ακριβώς τις ίδιες δυνατότητες με αυτά ενός αντίστοιχου πραγματικού κινητού. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι οι συσκευές αυτές έχουν τη δυνατότητα να γίνουν ότι ακριβώς θέλει ο σχεδιαστής των εφαρμογών που αναπτύσσονται για αυτές. Αυτό προσδίδει στις συσκευές αυτές μεγάλη ευελιξία ως προς τις πιθανές εφαρμογές που μπορούν να δημιουργηθούν για αυτές και κατ' επέκταση για τη χρήση των ίδιων των συσκευών αυτών.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που αυξάνει την αποδοτικότητα τέτοιων συσκευών είναι ότι μπορούν να διαχωρίσουν την είσοδο μέσω του χεριού με την είσοδο από στυλό. Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να απομονώνει την επιθυμητή είσοδο έτσι ώστε να αποφεύγονται ενέργειες που θα γινόντουσαν από το άγγιγμα του χεριού στην οθόνη καθώς ο χρήστης χρησιμοποιεί το στυλό (stylus) [19].

Παράλληλη χρήση (Multitasking)

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα σε τέτοιες συσκευές είναι ότι σε τέτοια συσκευή η είσοδος μπορεί να δίνεται, όχι μόνο από ένα χέρι αλλά ακόμη και από χέρια πολλών ατόμων. Στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές η είσοδος γίνεται από ένα άτομο καθώς υπάρχει περιορισμός στο πόσα πληκτρολόγια και ποντίκια μπορεί να υποστηρίξει ένας υπολογιστής χωρίς να υπάρχει πρόβλημα από την παράλληλη χρήση τους [20]. Πολλές συσκευές αφής μπορούν να δεχτούν ταυτόχρονα είσοδο από πολλά χέρια και κατ' επέκταση πολλά άτομα. Όταν κάποιος χρήστης καταφέρει να συγχρονίσει την κίνηση και τον έλεγχο των χεριών του η διεκπεραίωση τέτοιων διεργασιών επιταχύνεται. Αυτή η άποψη στηρίζεται από πειράματα που έκαναν οι Wu και Balakrishnan [21]. Έτσι τα συστήματα που υποστηρίζουν πολλαπλά σημεία επαφής (multitouch) γίνονται ιδανικά για

την ολοκλήρωση project που απαιτούνται πολλά άτομα που μπορούν να αλληλοεπιδρούν με την οθόνη ταυτόχρονα καθώς και για τη δημιουργία διαδραστικών παιχνιδιών σε τραπέζια (tabletops) όπως σε μουσεία.

Ευελιξία χειρονομιών

Ένα άλλο θετικό στοιχείο των χειρονομιών είναι ότι μπορούν να σχεδιαστούν πάνω σε οποιοδήποτε μέρος της οθόνης. Αυτό αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των κλασικών οθονών των ηλεκτρονικών υπολογιστών που πρέπει να δεσμευθεί χώρος για τη δημιουργία menu και ή εικονιδίων ο οποίος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για είσοδο δεδομένων.

Σε αντίθεση με τις χειρονομίες σε τρεις διαστάσεις, οι χειρονομίες πάνω σε οθόνες αφής απαιτούν μικρότερη προσοχή από το χρήστη. Ο χρήστης «νοιώθει» που αγγίζει τη συσκευή σε αντίθεση με χειρονομίες στο χώρο. Λόγω της φύσης τους είναι ανεξάρτητες από παράγοντες όπως ο χώρος της επιφάνειας στον οποίο δημιουργούνται και το μέγεθος. Για την αναγνώριση τους τα συστήματα αφής αναγνωρίζουν τις χειρονομίες από το σχήμα τους και τον τρόπο δημιουργίας τους, κάτι που είναι πολύ πρακτικό σε φορητές συσκευές όπως κινητά ή ταμπλέτες τις οποίες ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί όταν κινείται με αποτέλεσμα να οι χειρονομίες να παραμορφώνονται μερικώς λόγω των κραδασμών.

Ο παράγοντας της πίεσης κατά την είσοδο (input) αποτελεί ακόμα ένα σημαντικό πλεονέκτημα καθώς προσδίδει διαφοροποίηση στην είσοδο. Κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε εφαρμογές όπως ζωγραφική όταν για παράδειγμα ο χρήστης ασκώντας μεγαλύτερη πίεση κάνει το ίχνος ενός πινέλου μεγαλύτερο.

2.3 Μειονεκτήματα

Από την άλλη μεριά, οι συσκευές αφής παρά τις ευκολίες που τις συνοδεύουν δημιουργούν προβλήματα λόγω της φύσης τους στον τρόπο με τον οποίο δέχονται εντολές δηλαδή μέσω των χειρονομιών. Πηγή μειονεκτημάτων αποτελεί και ο τρόπος που σχεδιάζονται οι εφαρμογές και τα προγράμματα που σχεδιάζονται για αυτές. Το πρόβλημα εντείνεται επειδή υπάρχουν χαοτικές διαφορές στον τρόπο που σχεδιάζονται εφαρμογές για οθόνες αφής σε σχέση με τον τρόπο που είναι δομημένες οι εφαρμογές για τους καθιερωμένους προσωπικούς υπολογιστές (PC) .

Αναγνώριση κατάστασης συστήματος

Όταν ο χρήστης χειρίζεται μια ηλεκτρονική συσκευή τον ενδιαφέρει να έχει έλεγχο και επίγνωση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται. Με τις οθόνες αφής συχνά δημιουργούνται προβλήματα αναφορικά με αυτό, όπως υποστηρίζεται και από τον Nielsen [22]. Σε αντίθεση με τα προγράμματα που είναι σχεδιασμένα για τους προσωπικούς υπολογιστές με τα menu και τα κουμπιά, ένας χρήστης συχνά δεν είναι εύκολο να κατανοήσει τι μπορεί να κάνει από την κατάσταση του προγράμματος στην οποία βρίσκεται. Συχνά, δεν είναι σαφές, σε ποιες περιοχές μπορεί να ακουμπήσει (touch) για την ενεργοποίηση κάποιας ενέργειας ή που ο σχεδιασμός μια χειρονομίας θα εκκινήσει κάποια ενέργεια αν δεν είναι σχεδιασμένη κατάλληλα η αντίστοιχη εφαρμογή ώστε να υποδεικνύεται στο χρήστη. Περαιτέρω προβλήματα δημιουργούνται όταν ο χρήστης θέλει να επιστρέψει σε προηγούμενη κατάσταση ή να αναιρέσει κάποια ενέργεια [15]. Για τη διεξαγωγή τέτοιων ενεργειών τα λογισμικά δεν μεριμνούν στο να παρέχουν υποδείξεις στους χρήστες με ποιες ενέργειες θα καταλήξουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα καθώς το θεωρούν δεδομένο, με αποτέλεσμα νέοι χρήστες να δυσκολεύονται. Χαρακτηριστικό

παράδειγμα είναι ότι για την επιστροφή στην αρχική οθόνη σε ένα iPhone, ο χρήστης πρέπει να πατήσει το κεντρικό κουμπί στη συσκευή αντί σε κάποιο κουμπί με την ένδειξη "X". Σε αντίθεση με προγράμματα για ηλεκτρονικούς υπολογιστές που κάποιος χρήστης μπορεί εξερευνώντας ένα menu να βρει κουμπί εξόδου, παρατηρείται έλλειψη τέτοιων κουμπιών γεγονός που δυσκολεύει τη χρήση τους. [23]

Εύρος σχεδίασης χειρονομιών

Η φύση του τρόπου εισόδου σε οθόνες που επιτρέπουν τη χρήση χειρονομιών δημιουργεί περαιτέρω προβλήματα γεγονός που στηρίζεται και από τον Buxton σε άρθρο του [20]. Αναλογιζόμενος κανείς τον τρόπο εισόδου στους υπολογιστές είναι σαφές πως είναι περιορισμένος καθώς το ποντίκι και το πληκτρολόγιο δεν προσφέρουν πολλές επιλογές για την είσοδο. Αντίθετα, στις οθόνες αφής εφόσον ο αριθμός των χειρονομιών που μπορούν να σχεδιαστούν πάνω τους είναι πρακτικά άπειρος. Υπάρχουν άπειροι τρόποι εισόδου από τους οποίους ο καθένας θα μπορούσε να εκκινεί διαφορετική ενέργεια στη συσκευή. Συνεπειακά, εγείρονται προβλήματα, όπως υποστηρίζεται από τον D.Norman [23] όταν πρέπει να σχεδιαστεί αλφάβητο που να περιλαμβάνει πολλές χειρονομίες που εκκινούν διαφορετικές ενέργειες η κάθε μια. Επίσης, όπως υποστηρίζει ο Buxton [24], οι οθόνες αφής φέρνουν αλλαγές γενικά στον τρόπο που οι χρήστες δίνουν είσοδο σε συσκευές. Μέχρι πρόσφατα, η ιδέα ότι υπάρχουν πολλαπλά σημεία που χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει για την είσοδο δεν υπάρχει, καθώς δεν υπάρχει αναλογία ανάμεσα σε αυτά και των συνηθισμένων μονάδων εισόδου, δηλαδή το πληκτρολόγιο και το ποντίκι [22].

Εκκίνηση Ενεργειών

Οι οθόνες αφής είναι πολύ επιρρεπείς σε αγγίγματα τα οποία προέκυψαν κατά λάθος τα οποία μπορούν να εκκινήσουν ενέργειες. Το πρόβλημα αυτό παρατηρείται τόσο στις μικρές οθόνες που τα γραφικά στοιχεία είναι μικρά και βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, όσο και στις μεγάλες οθόνες αφής όπου ο χρήστης είναι απαραίτητο να κρατάει και σταθεροποιεί την οθόνη [22].

Απόσταση από την οθόνη

Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι ο χρήστης αναγκαστικά πρέπει να βρίσκεται κοντά στη συσκευή προκειμένου να τη χρησιμοποιήσει. Ένας χρήστης μπορεί να χειριστεί ηλεκτρονικό υπολογιστή ασύρματα εφόσον υπάρχουν οι κατάλληλες συσκευές. Στις οθόνες αφής αυτό δεν γίνεται. Η κατάσταση αυτή δυσχεραίνεται επειδή ο χρήστης μπορεί να κουραστεί από τις κινήσεις που θα κάνει για την είσοδο ιδιαίτερα όταν η οθόνη βρίσκεται σε κάθετη επιφάνεια. Ταυτόχρονα, η τριβή που δημιουργείται πάνω στην οθόνη είναι ενοχλητική ειδικά σε περίπτωση πολύωρης χρήσης μιας συσκευής [25] [26].

Χαρακτηριστικά χεριού

Ένας χρήστης χρησιμοποιώντας το χέρι του σε οθόνες αφής, αναγκαστικά καλύπτει μέρος της οθόνης, αδυνατώντας έτσι να βλέπει συνεχώς την οθόνη. Επίσης χρησιμοποιώντας το χέρι του ένας χρήστης μπορεί να μεταφέρει σκόνη ή βρωμιά πάνω στην οθόνη [20]. Επίσης, είναι αμφιλεγόμενο κατά πόσο μια οθόνη αφής θα μπορέσει να αναγνωρίσει είσοδο από χρήστη που φοράει γάντια. Οι οθόνες που είναι χωρητικές (capacitive) αδυνατούν να αναγνωρίσουν τέτοια είσοδο σε αντίθεση με τις ανθεκτικές (resistive) οθόνες που αντιλαμβάνονται την επαφή μέσω της πίεσης που ασκείται σε αυτές στην επιφάνεια

τους. Έτσι, η εντείνεται η σύγχυση στους χρήστες για το εάν θα πρέπει να ακουμπήσουν την οθόνη με το γάντι ή με το χέρι.

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι η ποικιλία των χεριών και των δαχτύλων. Αναμφίβολα το σχήμα και το μήκος των δαχτύλων διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο με αποτέλεσμα να προκύπτουν σχεδιαστικά ζητήματα όπως ποιο είναι το κατάλληλο μέγεθος ενός κουμπιού πάνω στην οθόνη, εάν θα παραμείνει κατάλληλο εάν ο χρήστης φοράει γάντια κλπ. [26].

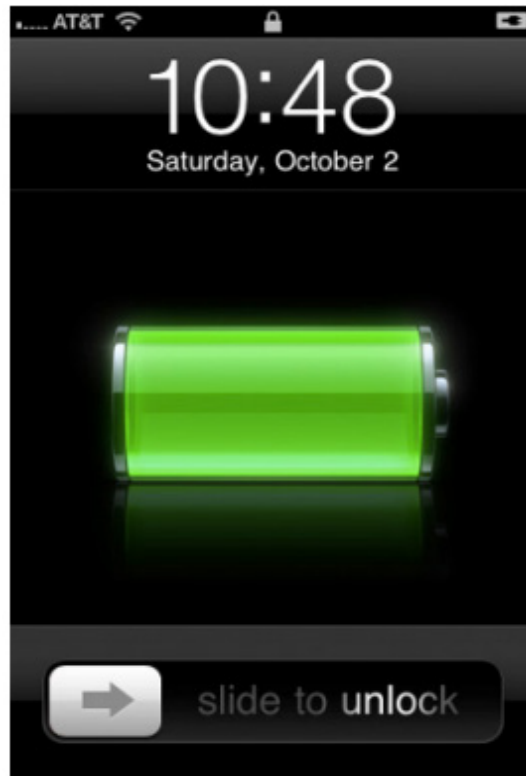
Δυσκολίες χρήσης

Παράλληλα, λόγω της χρήσης των οθονών αφής σε διάφορα περιβάλλοντα, δημιουργούνται άλλα προβλήματα όπως υποστηρίζεται από τον Don Norman [23]. Για παράδειγμα η βροχή μπορεί να κάνει μια οθόνη αφής να μην είναι ανταποκρίνεται στα αγγίγματα του χρήστη, παρόλο που θα συνεχίσει να λειτουργεί. Δυσκολίες στην χρήση τέτοιων οθονών δημιουργούνται και όταν ο χρήστης κινείται οπότε είναι πιο δύσκολο να επιλέξει συγκεκριμένη περιοχή στην οθόνη για οποιαδήποτε χρήση. Επίσης, αν το περιβάλλον που βρίσκεται ο χρήστης έχει δονήσεις, τότε ο χρήστης μπορεί να μην αντιληφθεί [27] [24] τη δόνηση που συνήθως χρησιμοποιείται ως ανάδραση σε μια ενέργεια, με αποτέλεσμα να χάνει την κατάσταση του συστήματος.

Προβλήματα όμως δημιουργούνται και από την παράλληλη χρήση στυλού (stylus) με το χέρι. Συνήθως όταν σε μια συσκευή γίνεται είσοδος μέσω του στυλού, η συσκευή απομονώνει και αγνοεί την επαφή των δαχτύλων πάνω στην οθόνη. Όταν όμως ο χρήστης σηκώνει το στυλό από την οθόνη, η συσκευή αναγνωρίζει την επαφή του χεριού με αποτέλεσμα η συσκευή να εκκινεί μια ενέργεια την οποία ο χρήστης δεν επιθυμούσε.

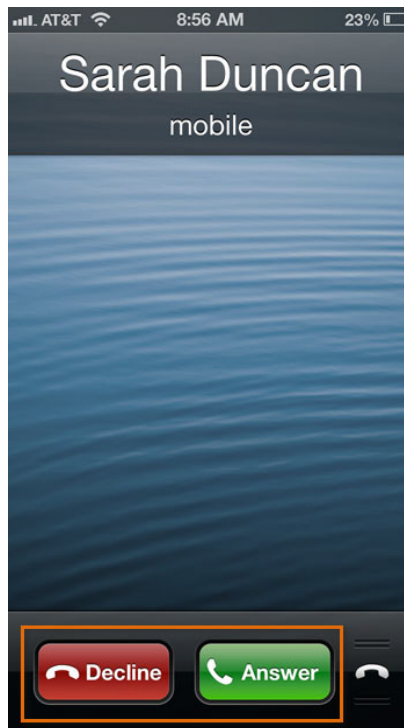
Προβλήματα σχεδιασμού

Πρακτικά, υπάρχει περιορισμός στον τρόπο που πρέπει να σχεδιάζονται εφαρμογές σε τέτοιες συσκευές επειδή κυρίως βασίζονται κυρίως στο σύρσιμο αντικειμένων όταν προσπαθούν να προσομοιώσουν τη λειτουργία του ποντικιού. Αναμφίβολα, ένας χρήστης σε οθόνη αφής δεν μπορεί να κάνει με την ίδια ευκολία ότι ένα ποντίκι θα έκανε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή όπως υποστηρίζεται από αποτελέσματα ερευνών της Microsoft [28].



Εικόνα 10 - Η οθόνη ξεκλειδώματος του iPhone [107]

Σημαντικά προβλήματα δημιουργούνται και από τη σχεδίαση των εφαρμογών ή του λειτουργικού σε οθόνες αφής καθώς διαφορετικές εφαρμογές χρησιμοποιούν την ίδια περιοχή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι στο iPhone το κουμπί απόρριψης μια κλήσης βρίσκεται στο ίδιο σημείο που ο χρήστης τοποθετεί το δάχτυλο του για να ξεκλειδώσει την οθόνη. Αν υπάρξει κακός χρονισμός, ο χρήστης μπορεί άθελα του να απορρίψει μια εισερχόμενη κλήση.



Εικόνα 11 - Η οθόνη εισερχόμενης κλήσης του iPhone [29]

Πρόβλημα αποτελεί επίσης η ύπαρξη κουμπιών που δεν υποστηρίζονται από διάφορες εφαρμογές όπως υποστηρίζεται από τον Nielsen [22]. Σε συσκευές android για παράδειγμα το κουμπί menu είναι πάντα διαθέσιμο κάτω από την οθόνη. Εντούτοις υπάρχουν εφαρμογές που δεν έχουν menu οπότε ο χρήστης πατώντας το δε θα οδηγηθεί πουθενά. Εύκολα, λοιπόν, καταλαβαίνει κανείς πως δεν υπάρχει τρόπος σε εφαρμογές σε οθόνες αφής να γίνει αντιληπτό τι θα γίνει εάν κάποιος πατήσει αυτό το κουμπί. Παρόμοια προβλήματα υπάρχουν και στα ATM που υπάρχουν πληθώρα κουμπιών πολλά από τα οποία δεν αντιστοιχούν σε ενέργειες [19].

Κλιμάκωση (responsiveness)

Λόγω της ποικιλίας των συσκευών που χρησιμοποιούν οθόνες αφής προκύπτει ότι υπάρχουν οθόνες αφής πολλών διαφορετικών μεγεθών. Αυτό δημιουργεί προβλήματα στους σχεδιαστές των εφαρμογών που πρέπει να μεριμνήσουν για το πώς θα φαίνεται η εφαρμογή σε διαφορετικά μεγέθη οθόνης. Λόγω της πληθώρας διαφορετικών οθονών μεταβάλλεται το μέγεθος των στοιχείων μιας εφαρμογής οπότε δημιουργείται προβλήματα ευχρηστίας στις εφαρμογές για παράδειγμα είναι δυνατόν ο χρήστης κρατώντας ένα tablet να ακουμπήσει ένα κουμπί στο κέντρο της οθόνης χωρίς να αλλάξει στάση στο χέρι του. Το ίδιο πρόβλημα συμβαίνει και με τις χειρονομίες. Είναι πιθανό μια χειρονομία που έχει σχεδιαστεί για εφαρμογή σε κινητό να είναι δύσκολο να δημιουργηθεί πάνω στην οθόνη ενός tablet ή σε μία μεγάλη οθόνη [22].

3. ΤΡΟΠΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ

3.1 Χειρονομίες

Έχει γίνει κατανοητό μέχρι τώρα, ότι το κύριο μέσο για την είσοδο σε συσκευές αφής είναι το ανθρώπινο χέρι, χωρίς όμως να είναι και η μόνη δυνατή επιλογή. Το ανθρώπινο χέρι είναι αντικείμενο έρευνας, ως μέσο διάδρασης με υπολογιστή, αρκετών χρόνων. Αρχικά, οι χειρονομίες του χεριού εμφανίστηκαν ως μέσο εισόδου στον υπολογιστή το 1979 σε ένα βιβλίο των Newman και Sproul [30], το 1986 ο Buxton αναδεικνύει την αξία των χειρονομιών στη διεπαφή με υπολογιστές [31] ενώ από τη δεκαετία του 1990 και μετά οι χειρονομίες γίνονται αντικείμενο μελέτης και έρευνας σε πολλούς τομείς της επικοινωνίας ανθρώπου υπολογιστή [32].

Τι είναι όμως οι χειρονομίες? Ο ορισμός της χειρονομίας είναι από μόνος του δύσκολος. Χειρονομία μπορεί να θεωρηθεί μια μορφή μη λεκτικής και μη ηχητικής (vocal) επικοινωνίας όπου η επικοινωνία επιτυγχάνεται με ορατές κινήσεις του σώματος που δεν περιλαμβάνουν ήχου με κάποιο τρόπο και που έχουν σκοπό τη μετάδοση μηνυμάτων [33]. Μέχρι την περίοδο συγγραφής της παρούσας εργασίας δεν υπάρχει ένας σαφής, μοναδικός ορισμός που να απαντάει στο ερώτημα τι είναι χειρονομία, ανεξάρτητα από το πλαίσιο γύρω από το οποίο συζητάμε, είτε αυτό είναι η καθημερινή μας ζωή, είτε η διάδραση με έναν υπολογιστή. Ακόμα και ο Buxton υποστηρίζει ότι ο όρος χειρονομία είναι πολύ ευρύς και πλούσιος για οριστεί επαρκώς στο έργο του «Comments & Selected References on Gesture» [34]. Στο κεφάλαιο με τίτλο Gesture Based Interaction του βιβλίου του «Haptic Input» [35] θεωρεί χειρονομία ακόμα και το πάτημα ενός κουμπιού. Συνήθως στην διεπαφή ανθρώπου μηχανής ορίζουμε τον όρο χειρονομία χτυπήματος (stroke gesture) ο οποίος είναι δύσκολο να αποδοθεί στα ελληνικά επαρκώς, αλλά με μια πιο ελεύθερη μετάφραση θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι χειρονομία αφής δηλαδή κάποια χειρονομία που επιδρά πάνω ένα επίπεδο ή μια επιφάνεια. Σύμφωνα με κάποιους ορισμούς, και μιλώντας για οθόνες αφής, οι χειρονομίες μπορούν να δημιουργηθούν είτε από το ανθρώπινο χέρι είτε από κάποια άλλη συσκευή όπως είναι το στυλό (stylus) [36]. Οι χειρονομίες αυτές ορίζονται ως χειρονομίες επιφάνειας σε άλλες διατριβές [19]. Ο S. Zhai υποστηρίζει ότι χειρονομία είναι οι τροχιές κίνησης πάνω στα σημεία στα οποία το χέρι ή ακόμα ένα στυλό ακουμπάει μια οθόνη αφής. Υποστηρίζει ότι μια χειρονομία μπορεί να είναι ένα σύνολο συντεταγμένων (x,y), τα οποία αντιστοιχούν πάνω στην οθόνη. Επισημαίνει μάλιστα ότι οι στις συντεταγμένες αυτές θα μπορούσαν να προστεθούν και άλλοι παράμετροι όπως ο χρόνος ή ο βαθμός πίεσης [32]. Σε άλλα άρθρα ως χειρονομία ορίζεται η κίνηση του χεριού πάνω στην οθόνη με σκοπό τη διεκπεραίωση μιας διεργασίας ενώ διαχωρίζονται ως προς το αν συμμετέχουν ένα δάχτυλο ή παραπάνω (multifinger) ή ολόκληρο το χέρι (whole-hand) [19]. Ανατρέχοντας σε άλλα άρθρα ή έρευνες τέτοιου είδους χειρονομίες καλούνται χειρονομίες στυλού (pen gestures), σχέδια του χεριού (hand drawn marks), χειρονομίες σχεδιασμένες από χέρι (hand drawn gestures) όπως συνοψίζεται από τους Wu M. και Balakrishnan. R. [37]. Οι ίδιοι υποστηρίζουν ότι χειρονομία είναι μια μορφή δισδιάστατων γεωμετρικών σχημάτων που κωδικοποιούν εντολές ή κείμενο. Για λόγους ευκολίας στην εργασία αυτή οι χειρονομίες που αναφέρονται στη διεπαφή μέσω αφής θα καλούνται απλά χειρονομίες επειδή η εργασία περιορίζεται στη διεπαφή ανθρώπου μηχανής μέσω αφής και όχι στη διεπαφή ανθρώπου μηχανής γενικότερα.

3.2 Στυλό

Αναμφίβολα, είμαστε μάρτυρες μιας μετάβασης από τους κλασσικούς υπολογιστές σε υπολογιστές που αποτελούνται από οθόνες που ενώνουν την είσοδο με την έξοδο. Σε αυτές τις οθόνες ο χρήστης επικοινωνεί με τον υπολογιστή απευθείας μέσω της αφής σε αντίθεση με το κλασσικό τρόπο εισόδου με πληκτρολόγιο και ποντίκι. Έτσι, είναι λογικό να υπάρχει ένα όλο και αυξανόμενο ενδιαφέρον τόσο στην επαφή με τα δάχτυλα όσο και με το στυλό. Αρχικά το στυλό είχε κατασκευαστεί για να είναι το κυρίαρχο μέσο για την επικοινωνία με συσκευές αφής, μέχρι όταν το 2007 το iPhone, το εκθρόνισε και έθεσε ως κύριο μέσο το ανθρώπινο χέρι [38]. Πλέον, στυλό είναι ο δεύτερος σε επιλογή τρόπος επικοινωνίας με οθόνες αφής και όπως η επαφή μέσω χεριών η δαχτύλων παρουσιάζει μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα. Σίγουρα, το στυλό προτείνεται για κάποιες εργασίες και αποθαρρύνεται η χρήση του για κάποιες άλλες.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του στυλό σε εφαρμογές που υποστηρίζουν διάδραση μέσω αφής είναι ότι λειτουργεί όπως ακριβώς ένα στυλό η μολύβι στο πραγματικό κόσμο. Αναλογίζοντας αυτό το γεγονός, όλο και περισσότερες εφαρμογές δημιουργούνται οι οποίες υποστηρίζουν τη χρήση του στυλό. Ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα της χρησιμοποίησης δαχτύλων είναι η ακρίβεια, καθώς και το μέρος της οθόνης που καλύπτεται από τα δάχτυλα. Έτσι το στυλό φαντάζει ως μέσο που μπορεί να λύσει αυτό το πρόβλημα. Το κυριότερο χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί το στυλό από την είσοδο μέσω δαχτύλων είναι η ακρίβεια του. Σε αντίθεση με τα δάχτυλα, ένας χρήστης μπορεί χρησιμοποιώντας το στυλό να ολοκληρώσει ενέργειες που απαιτούν ακρίβεια μέσω του στυλό.

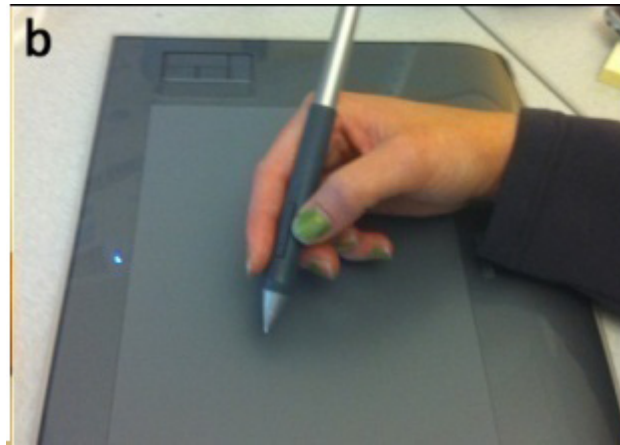
Υπάρχουν πολλοί τρόποι που ένας χρήστης μπορεί να κρατήσει το στυλό με σκοπό να το χρησιμοποιήσει [39] για να δώσει είσοδο σε μια συσκευή που δέχεται είσοδο με στυλό. Ανάλογα με την εργασία που θέλει να φέρεις εις πέρας κάποιος είναι πολύ πιθανό να κρατάει με διαφορετικό τρόπο το στυλό. Έρευνες που έγιναν στις οποίες ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να χρησιμοποιήσουν το στυλό ανέδειξαν διάφορες λαβές:

Η λαβή τριπόδου (Tripod grip) που χρησιμοποιείται κυρίως για ακρίβεια στο γράψιμο ή στο σχεδιασμό:



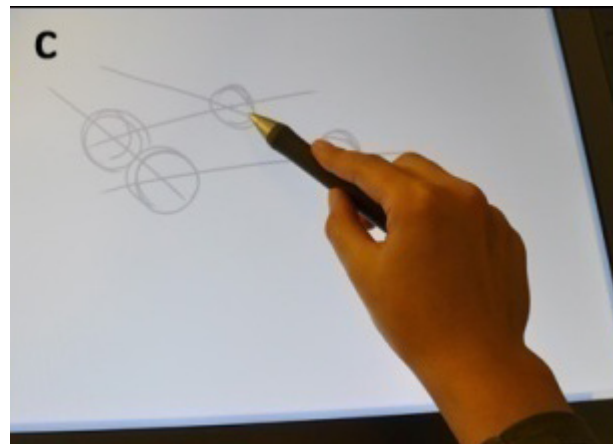
Εικόνα 12 - λαβή τριπόδου

Η χαλαρή λαβή τριπόδου (relaxed tripod Grip) που χρησιμοποιείται για εργασίες που δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια:



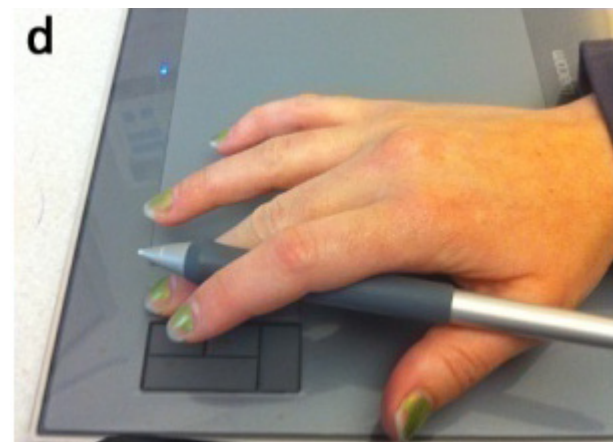
Εικόνα 13 - relaxed tripod Grip [39]

Η λαβή σχεδιασμού (Sketch grip):



Εικόνα 14 - Sketch grip [39]

Η συμπτυγμένη λαβή (tuck grip)



Εικόνα 15 - συμπτυγμένη λαβή [39]

Η λαβή τυλίγματος (wrap grip) που δεν χρησιμοποιείται συχνά με ψηφιακά στυλό αλλά χρησιμοποιείται με φυσικά εργαλεία:



Εικόνα 16 - λαβή τυλίγματος[39]

Ποια είναι όμως τα χαρακτηριστικά του στυλού που το καθιστούν καταλληλότερο για κάποιες εργασίες και όχι για κάποιες άλλες σε σχέση με την επαφή μέσω των δαχτύλων ή των χεριών; Τα χαρακτηριστικά του στυλού τόσο τα εξωτερικά όπως οι διαστάσεις, όσο και τα εσωτερικά όπως τα τεχνικά του χαρακτηριστικά ή τα κουμπιά που διαθέτει αντανακλούν τη διαφορές αυτές.

Πίνακας 2- Διαφορές Στυλού-Χεριού

Διαφορές Στυλού-Χεριού		
Ιδιότητες:	Στυλό	Χέρι/Δάχτυλο
1 Τρόποι εισόδου	Χέρι αρεσκείας	Δάχτυλο, Χέρι
2 Σημεία επαφής	1 σημείο	1-10 με πληροφορίες για το σχήμα
3 Κάλυψη οθόνης	Μικρή-μόνο η μύτη του στυλού	Μεγάλη-ιδιαίτερα σε κάποιες χειρονομίες όπως pinch
4 Ακρίβεια	Μεγάλη	Μικρή
5 Κουμπιά	Συνήθως ένα πάνω στο σώμα του στυλού	Κανένα
6 Δύναμη πάνω στην οθόνη	Ελάχιστη	Μηδενική σε οθόνες αντίστασης/Μεγάλη σε οθόνες πίεσης
7 Κατά λάθος επαφές με δάχτυλα	Αδύνατη μέσω της τεχνολογίας κλειδώματος επαφής	Πιθανή
8 Χρόνος ανάκτησης	Υψηλός δεδομένου ότι ο χρήστης πρέπει πρώτα να πιάσει το στυλό	Μηδενικός καθώς δεν παρεμβάλλεται τίποτα

Πολλές έρευνες έχουν γίνει προκειμένου να αναγνωριστούν οι ενέργειες που η χρήση του στυλού θα είναι πιο αποδοτική. Έτσι σύμφωνα με αυτές το στυλό φαίνεται να λειτουργεί ευεργετικά για εργασίες που είναι σύνθετες, εργασίες που απαιτούν γρήγορες μεταβάσεις και εργασίες που απαιτούν ακρίβεια όπως η ακολουθία του ίχνους ενός σχήματος (compound tasks, radial steering, selection, and shape tracing tasks) [40] [41] [42] [43] [44] [45]. Ακόμη έρευνες έδειξαν πως το στυλό, όπως είναι αναμενόμενο, να προτείνεται για τη δημιουργία χειρόγραφου κειμένου και σημειώσεων [46]. Σε άλλες έρευνες που ζητήθηκε από χρήστες να δηλώσουν την προτίμησή τους ανάμεσα σε στυλό και χέρι-δάχτυλο για διάφορες εργασίες καταγράφηκε ότι το στυλό προτιμήθηκε σε μεγάλο βαθμό για εργασίες όπως λογισμικό πλοήγησης (software navigation), κατάδειξη σημείων (pointing), επιλογή σημείων και δημιουργίας σκίτσων [47] [48]. Συμπερασματικά, αυτές οι έρευνες κατέδειξαν την μεγάλη υπεροχή που παρουσιάζει το στυλό ενάντια σε κάποιες εργασίες σε σχέση με το χέρι. Ακόμη, πειράματα [38] που έγιναν πάνω στα χαρακτηριστικά των χειρονομιών σχεδιασμένων με το χέρι και με το στυλό οδήγησαν στα εξής συμπεράσματα:

- Οι χειρονομίες που δημιουργούνται με στυλό είναι μικρότερες όσο αφορά το μέγεθος, καθώς και η γωνία δημιουργία τους διαφέρει σε σχέση με τις όμοιές τους που δημιουργήθηκαν με το χέρι.
- Το στυλό προτιμήθηκε για τη δημιουργία σύνθετων χειρονομιών καθώς και σε περιπτώσεις που το μέγεθος της οθόνης ήταν μικρό. Επίσης, η ακρίβεια ήταν μεγαλύτερη σε όλες τις συγκρίσεις χειρονομιών που είχαν δημιουργηθεί από στυλό και από το χέρι.
- Οι χειρονομίες που έγιναν με στυλό είχαν καλύτερη επίδοση στην ακρίβεια και το χρόνο δημιουργίας σε σχέση με τις χειρονομίες χεριού όταν ο χρήστης κάθονταν σε αντίθεση με την περίπτωση που ο χρήστης περπατούσε.

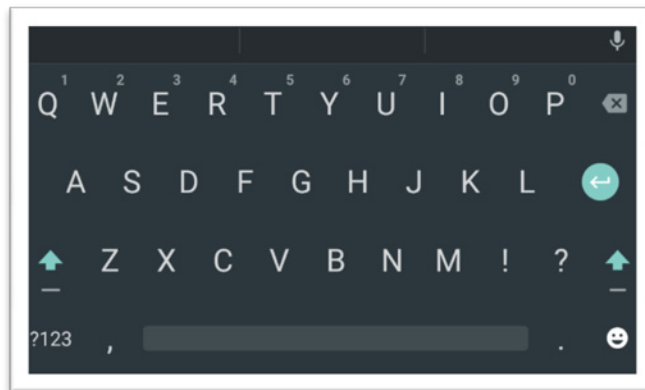
Λόγω της άμεσης αναλογίας της γραφίδας με το στυλό στο πραγματικό κόσμο έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές με τις οποίες ένας χρήστης μπορεί να γράφει πάνω σε μια οθόνη αφής όπως ακριβώς θα έγραφε πάνω στο χαρτί. Υπάρχουν εφαρμογές που ένας χρήστης μπορεί να γράφει με το στυλό και ως έξοδο της εφαρμογής να λάβει μια εικόνα με κείμενο που έγραψε και εφαρμογές οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν το κείμενο σε ψηφιακό κείμενο. Τα συστήματα και οι αλγόριθμοι αναγνώρισης του χειρόγραφου κειμένου (handwriting) διαρκώς βελτιώνονται. Υπάρχουν πολλές υλοποιήσεις και τρόποι προκειμένου η είσοδος του χρήστη να μετατραπεί σε ψηφιακό κείμενο. Ο ρυθμός ευστοχίας της αναγνώρισης του «ζωγραφισμένου» γράμματος είναι αρκετά υψηλός αλλά όχι τέλειος. Για τη βελτίωση της αναγνώρισης, πολλές είναι οι εφαρμογές δεν βασίζονται μόνο στην είσοδο που δέχονται, δηλαδή στην αναγνώριση της χειρονομίας που δέχονται και τη μετατροπή της στον αντίστοιχο χαρακτήρα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της χειρονομίας, αλλά πλέον μπορούν να μαθαίνουν προσαρμόζοντας την αναγνώριση των χαρακτήρων και λέξεων στον τρόπο που ο χρήστης σχεδιάζει το κάθε γράμμα. Η δυνατότητα για αναγνώριση κειμένου που σχεδιάζεται από γραφίδα, δεν έχει μεγάλη εφαρμογή όταν ο χρήστης κινείται, επειδή λόγω των κραδασμών αλλοιώνεται η είσοδος, ούτε σε περιπτώσεις που ο χρήστης θέλει να εισάγει στη συσκευή μεγάλο όγκο κειμένου όπου απαιτείται ταχύτητα εργασία που μπορεί να διεκπεραιωθεί μέσω του πληκτρολογίου πολύ γρηγορότερα, όπως κατέδειξαν και έρευνες σε αυτή την κατεύθυνση [49]. Από την άλλη μεριά η εισαγωγή κειμένου με τέτοιο τρόπο σε μια συσκευή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να κοιτάει διαρκώς την οθόνη στην οποία γράφει, σε αντίθεση με την περίπτωση που πληκτρολογεί χρησιμοποιώντας το εικονικό πληκτρολόγιο της συσκευής. Δεν απαιτείται μεγάλη περιοχή σχεδίασης με αποτέλεσμα

εφαρμογές που υποστηρίζουν τέτοιου είδους αναγνώρισης να μπορούν να λειτουργήσουν ακόμη και σε συσκευές με μικρή οθόνη ή επιφάνειες αφής [50]. Τέλος, η δυνατότητα ψηφιοποίησης της εισόδου του χρήστη δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών που δεν αναγνωρίζουν κείμενο αλλά μετατρέπουν την είσοδο του χρήστη σε νότες όπως στην εφαρμογή «staffpad» [51], σχεδιασμένη για το λειτουργικό Windows Phone, όπου ο χρήστης σχεδιάζει πάνω σε ένα ψηφιακό πεντάγραμμο.

3.3 Πληκτρολόγια Χειρονομιών

Αναδρομή

Όπως εύκολα παρατηρεί κανείς, η συντριπτική πλειοψηφία των συσκευών με οθόνες αφής δεν διαθέτει φυσικό πληκτρολόγιο αλλά εικονικό. Τα πληκτρολόγια αυτά αποτελούν λογικό επακόλουθο της ανάπτυξης των δυνατοτήτων των συσκευών αφής. Όπως προαναφέρθηκε οι οθόνες αφής προσφέρουν μεγάλη ευελιξία στην προσομοίωση κουμπιών καθώς αντί να υπάρχουν ως φυσικά είναι εύκολο να σχεδιαστούν πάνω στην οθόνη. Πριν από την εδραίωση των συσκευών αφής είχε παρατηρηθεί η τάση για την ελαχιστοποίηση των πληκτρολογίων ιδιαίτερα σε φορητές συσκευές, έτσι το καθιερωμένο πληκτρολόγιο των υπολογιστών είχε ενσωματωθεί στο αριθμητικό πληκτρολόγιο των κινητών είτε υπήρχε αυτούσιο στην κλασική του μορφή όπως αυτό των σταθερών υπολογιστών. Αυτό άλλαξε, αρχικά όταν το 2007 [52] εμφανίστηκε το πληκτρολόγιο του iPhone που αξιοποιούσε το δάχτυλο ως κύρια μορφή εισόδου και στη συνέχεια η εξέλιξη του εδραίωσαν αυτόν τον τύπο πληκτρολογίου στις οθόνες αφής των smartphones και των tablets.

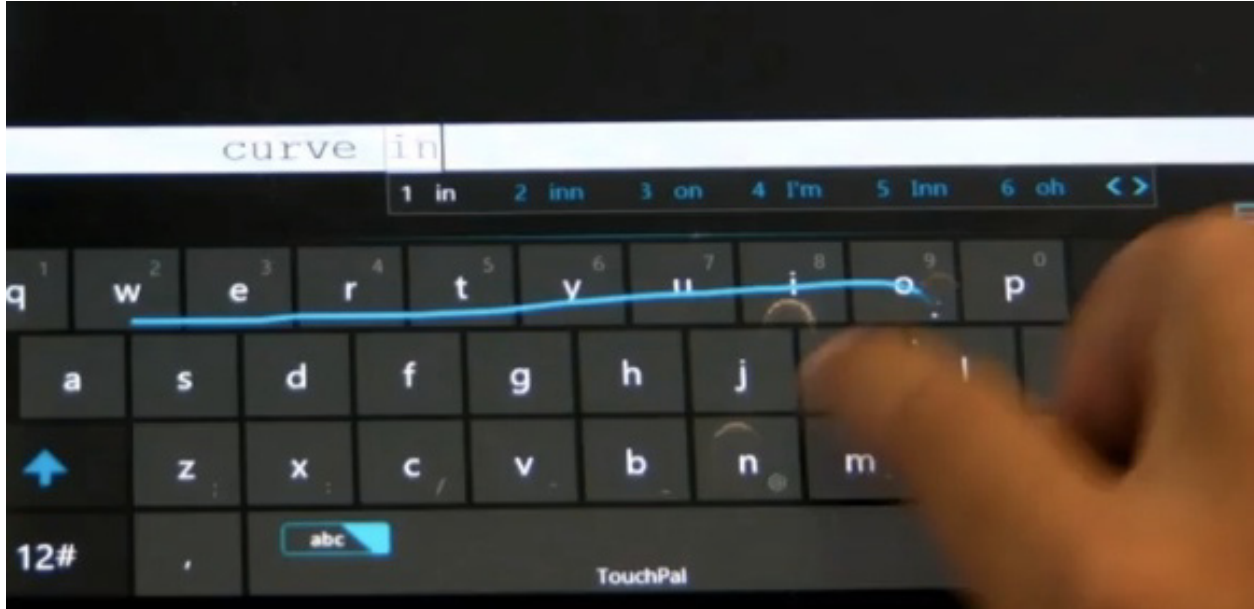


Εικόνα 17 - Πληκτρολόγιο σε οθόνη αφής [108]

Η εδραίωση αυτών των πληκτρολογίων δεν οφείλεται μόνο στο γεγονός ότι μπορεί να εμφανισθεί οπουδήποτε σε μια οθόνη αφής. Εξελικτικά οι δυνατότητες αυτού του τύπου πληκτρολογίων αυξήθηκαν με σκοπό την περεταίρω διευκόλυνση των χρηστών. Τα πληκτρολόγια αυτά δεν περιορίζονται μόνο στο να εμφανίζουν ένα γράμμα που πατά ο χρήστης στην είσοδο αλλά υποστηρίζουν ένα μεγάλο εύρος συντομεύσεων και χειρονομιών που αυξάνουν την αποδοτικότητα του.

Τα πληκτρολόγια αυτά μέχρι να φτάσουν στη μορφή των ημερών μας πέρασαν από διάφορα στάδια. Αρχικά, ξεκίνησαν πληκτρολόγια όπως τα γνωρίζουμε όπου ο χρήστης πατά ένα-ένα ξεχωριστά τα γράμματα, με σκοπό να δημιουργήσει τη λέξη που επιθυμεί. Η βελτιωμένη έκδοση αυτών των πληκτρολογίων λέγεται πληκτρολόγιο χειρονομίας-λέξεων (word-gesture keyboard) όπως ονομάστηκαν από πολλούς [32]. Σε αυτού του τύπου τα

πληκτρολόγια ο χρήστης μπορεί διαδοχικά χωρίς να σηκώσει το δάχτυλο του από την οθόνη να περάσει πάνω από τα γράμματα της λέξης που θέλει με μια κίνηση και αυτή να σχηματισθεί αυτόματα ακόμα και αν τα γράμματα που πέρασε ο χρήστης δεν ήταν τα ακριβή γράμματα της λέξης. Ένα άλλο στοιχείο αυτών των εικονικών πληκτρολογίων είναι ότι μπορούν να δέχονται χειρονομίες που εκτελούν κάποια λειτουργία όπως αυτή της διαγραφής μίας λέξης ή της κεφαλαιοποίησης των γραμμάτων [53].



Εικόνα 18 - Δημιουργία λέξης μέσω χειρονομίας [54]

Το επόμενο στάδιο στα εικονικά πληκτρολόγια είναι τα πληκτρολόγια τύπου “S.H.A.R.K” αρκτικόλεξο το οποίο πηγάζει από το «shorthand-aided rapid keyboarding» δηλαδή σύντομο βοηθούμενο γρήγορο πληκτρολόγιο. Τέτοιου τύπου πληκτρολόγια είναι ευρέως γνωστά στις μέρες μας. Ιδιαίτερα σε φορητές συσκευές έχουν κυκλοφορήσει πολλά τέτοια πληκτρολόγια όπως τα ShapeWriter, Swype, SwiftKey, SlidelT, TouchPal, και Google Keyboard [55]. Αυτού του τύπου τα πληκτρολόγια έχουν τρία βασικά χαρακτηριστικά [56] [57]:

- Το πληκτρολόγιο πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει χειρονομίες που γίνονται πάνω σε αυτό καθώς και να αποτελεί οπτικό οδηγό για το χρήστη.
- Το πληκτρολόγιο να διαθέτει ένα μοντέλο γλώσσας το οποίο αναπαριστά τις δυνατότητες και τους περιορισμούς της γλώσσας που διαθέτει το πληκτρολόγιο.
- Το πληκτρολόγιο να υποστηρίζεται από ένα σύστημα αναγνώρισης προτύπων το οποίο θα ταξινομεί και αποθηκεύει τις χειρονομίες που έκανε ο χρήστης πάνω σε αυτό με σκοπό την παραγωγή μιας συγκεκριμένης λέξης, καθώς και τη διασύνδεση αυτή μεταξύ λέξεων και χειρονομιών.

Πιο συγκεκριμένα τα πληκτρολόγια αυτού του είδους λειτουργούν ως εξής. Αρχικά ο χρήστης δημιουργεί τις λέξεις που θέλει σέρνοντας το δάχτυλο του από γράμμα σε γράμμα βλέποντας τη θέση του κάθε χαρακτήρα πάνω στο πληκτρολόγιο. Κάθε φορά που ένα ίχνος σχεδιάζεται, το ίχνος αυτό «αποθηκεύεται» και κωδικοποιείται στη μνήμη του χρήστη. Όταν αυτό το βήμα επαναληφθεί για αρκετές φορές ο χρήστης μπορεί να ανακαλεί και να ξανασχεδιάζει το ίχνος από να βασίζεται στην όραση του για τη δημιουργία μιας λέξης. Πειράματα έχουν δείξει πως κατά μέσο όρο μετά από δεκαπέντε επανάληψης για τη

δημιουργία μίας λέξης ένας χρήστης μπορεί να ανακαλέσει το ίχνος από τη μνήμη του πλήρως [57].

Βέβαια, τα πληκτρολόγια αυτά παρουσιάζουν και προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση τους. Η πληκτρολόγηση μέσω χειρονομιών αναπόφευκτα τυχαίνει λέξεις με παρόμοια γράμματα, όπως στα αγγλικά οι λέξεις “oi” και “oui”, να έχουν παρόμοιες χειρονομίες με αποτέλεσμα το λογισμικό να αδυνατεί να ξεχωρίσει ποια θέλει ο χρήστης. Έρευνες έδειξαν πως ο ρυθμός λαθών για την πληκτρολόγηση μέσω χειρονομιών είναι 5-10% μεγαλύτερος από ότι δημιουργώντας λέξεις με τα δάχτυλα [58].

Γύρω από αυτά τα πληκτρολόγια έχουν γίνει πολλές έρευνες και πειράματα που αποσκοπούν στην εύρεση τρόπων για την επιπλέον βελτίωση της αποδοτικότητας αυτών των πληκτρολογίων. Οι βελτιώσεις αυτές αφορούν κυρίως το σχεδιασμό αυτών των πληκτρολογίων.

Ανάδραση

Αναμφίβολα και στα πληκτρολόγια η ανάδραση παίζει σημαντικό ρόλο. Έρευνες σε συνδυασμό με πειράματα σε κινητούς χώρους όπως τρένα [59] όσο και ακίνητους, έδειξαν ότι υπήρχαν γράμματα που πατήθηκαν κατά λάθος ή πατήθηκαν παραπάνω από μια φορές λόγω των δονήσεων ή ακόμα και γράμματα που πατήθηκαν λάθος. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις το λογισμικό του πληκτρολογίου δεν μεριμνούσε για τη διόρθωση τους. Με τη πρόσθεση δονήσεων ως μια μορφή ανάδρασης παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης των χρηστών. Καταγράφηκε ότι οι συμμετέχοντες στην έρευνα πληκτρολογούσαν πιο γρήγορα και έκαναν λιγότερα λάθη σε σχέση με πριν παρά το γεγονός ότι στο κινητό περιβάλλον οι η απόδοση της ανάδρασης ήταν μικρότερη. Πειράματα έγιναν και για την απόδοση της ηχητικής ανάδρασης αλλά δεν ήταν τόσο αποδοτικά λόγω των εξωτερικών θορύβων στα περιβάλλοντα που χρησιμοποιούνται οι συσκευές με οθόνες αφής [60].

Διάταξη Πληκτρολογίου

Προσπάθειες έγιναν και για τη βελτίωση της διάταξης των κουμπιών των πληκτρολογίων. Όπως είναι γνωστό η διάταξη QWERTY που είναι η πιο διαδεδομένη στα εικονικά πληκτρολόγια [61] [62], δημιουργήθηκε για να αποφεύγεται η σύγκρουση των ακίδων στις γραφομηχανές. Έρευνες έδειξαν ότι η διάταξη αυτή λειτουργεί καλά για πληκτρολόγηση με δύο χέρια ή δύο δάχτυλα, για ένα δεν είναι τόσο αποδοτική [63]. Έτσι έγιναν πειράματα με διαφορετικές διατάξεις πληκτρολογίων με σκοπό να μετρηθεί η ταχύτητα δημιουργίας λέξεων με αυτές. Οι έρευνες αυτές δεν απέδωσαν κάποιο ασφαλές συμπέρασμα καθώς ενώ μερικές διατάξεις αύξαναν την ταχύτητα πληκτρολόγησης με ένα δάχτυλο, δυσχεραίναν τη λειτουργία των χειρονομιών καθώς χειρονομίες για διαφορετικές λέξεις έμοιαζαν πολύ μεταξύ τους [64].

Μέγεθος κουμπιών

Αναμφίβολα και το μέγεθος των κουμπιών των πληκτρολογίων καθιστά ένα σημαντικό παράγοντα που συμβάλει στην ταχύτητα πληκτρολόγησης. Έρευνες που έγιναν γύρω από το μέγεθος των κουμπιών [65] [66], έδειξε ότι όσο μικρότερα είναι τα κουμπιά τόσο μεγαλώνει ο χρόνος ολοκλήρωσης της πληκτρολόγησης μιας λέξης. Οι συμμετέχοντες δήλωσαν μεγαλύτερη προτίμηση σε πληκτρολόγια με μεγαλύτερα κουμπιά. Η χαμηλή απόδοση μικρών πληκτρολογίων μπορεί να εξηγηθεί από τη μικρή ανάδραση που λαμβάνει ο χρήστης πατώντας το στόχο, καθώς η παροχή ανάδρασης σε μεγάλες οθόνες αφής είναι δύσκολο να υπάρξει [67]. Οι χρήστες δέχονται ανάδραση, συνήθως, μόνο από την εικόνα που βλέπουν πάνω στο πληκτρολόγιο στοιχείο που δυσχεραίνεται ειδικά σε

μικρές φορητές συσκευές όπως τα κινητά τηλέφωνα όπου μέρος της οθόνης καλύπτεται από τα δάχτυλα.

4. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΧΕΙΡΟΝΟΜΙΩΝ

4.1 Κατηγορίες Χειρονομιών

Οι χειρονομίες λόγω της φύσης τους και του βαθμού ελευθερίας που έχει ο σχεδιαστής λογισμικού για οθόνες ή επιφάνειες αφής είναι δύσκολο να κατηγοριοποιηθούν στο σύνολο τους με ένα και μόνο τρόπο. Τα χαρακτηριστικά των χειρονομιών ποικίλουν με πολλούς τρόπους. Οι χειρονομίες θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν με πολλά διαφορετικά κριτήρια όπως είναι το πόσα δάχτυλα χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή της ,κατά πόσο μια χειρονομία μοιάζει με μια ενέργεια που στον πραγματικό κόσμο θα είχε αντίστοιχα αποτελέσματα ή ανάλογα τη χρήση τους. Το θέμα αυτό είναι αντικείμενο έρευνας έτσι ακόμα και με το ίδιο κριτήριο έχουν δημιουργηθεί διαφορετικές κατηγορίες από όσους έχουν κάνει προσπάθειες κατηγοριοποίησης.

Ο Buxton στο κεφάλαιο του βιβλίου του αναφορικά με χειρονομίες [35] παραθέτει ως κριτήριο για ταξινόμηση των χειρονομιών τη λειτουργία τους όπως αναφέρθηκαν από τον Cadoz [68]. Έτσι οι χειρονομίες μπορούν να χαρακτηριστούν ως:

- Δεικτικές-σημειωτικές χειρονομίες (semiotic):εκείνες που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση πληροφοριών
- Εργοδικές χειρονομίες (ergotic): οι χειρονομίες οι οποίες χειρίζονται ή δημιουργούν αντικείμενα στο φυσικό κόσμο
- Επιστημικές χειρονομίες (epistemic):οι χειρονομίες που σχετίζονται με την εκμάθηση του περιβάλλοντος μέσω της αφής και πιο συσκευημένα της ψιλάφησης.

Η κατηγοριοποίηση αυτή, όπως εύκολα καταλαβαίνει κανείς είναι πολύ γενική. Οι χειρονομίες που χρησιμοποιούνται στις συσκευές αφής δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση αυτή την κατηγοριοποίηση. Ουσιαστικά οι χειρονομίες που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία ανθρώπου με τον υπολογιστή είναι υποσύνολο της πρώτης κατηγορίας. Η επικοινωνία ανθρώπου με κάποια συσκευή αφής γίνεται μέσω του χεριού, όπως γίνεται αντιληπτό, οπότε οι χειρονομίες που θα εξετάσουμε ανήκουν αποκλειστικά σε αυτήν την κατηγορία.

Στη συνέχεια οι Rime και Schiaratura σε άρθρο τους, προσπάθησαν να κάνουν κατηγοριοποίηση αποκλειστικά των χειρονομιών που χρησιμοποιούνται στην επαφή ανθρώπου – υπολογιστή [69]. Η διάκριση τους σε κατηγορίες έγινε με βάση τη λειτουργία τους και τον τρόπο που χρησιμοποιούνται για τον χειρισμό οθονών η συσκευών αφής. Έτσι δημιουργούνται οι εξής κατηγορίες:

- Συμβολικές χειρονομίες (Symbolic gestures) : εκείνες που σε κάθε πολιτισμό υπάρχουν έτσι ώστε για να έχουν κάποιο νόημα και να μεταδίνουν κάποια πληροφορία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χειρονομία στην οποία το χέρι είναι σε γροθιά με τον αντίχειρα σηκωμένο έτσι ώστε να δείξουμε το «OK» .
- Δεικτικές χειρονομίες (Deictic gestures): πρόκειται για τις χειρονομίες που μεταφράζονται σε μια ενέργεια. Αυτές αποτελούν τη κύρια ομάδα χειρονομιών που χρησιμοποιούνται στην επαφή ανθρώπου μηχανής. Τέτοιες χειρονομίες είναι για παράδειγμα αυτές που κατευθύνουν το βλέμμα κάποιου θεατή σε συγκεκριμένο σημείο ή πιο χαρακτηριστικά, είναι οι χειρονομία που κάνει κάποιος όταν λέει: «Τοποθέτησε αυτό εκεί»
- Εικονικές χειρονομίες (Iconic gestures): Πρόκειται για χειρονομίες που χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν πληροφορίες όπως το σχήμα, το μέγεθος ή την κλίση ενός αντικειμένου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χειρονομία που κάνει κάποιος όταν λέει

το αεροπλάνο πέταξε έτσι και ταυτόχρονα κουνάει το χέρι του στον αέρα για να δείξει την τροχιά του αεροπλάνου.

- Μιμητικές χειρονομίες (Pantomimic gestures): Όπως υποδεικνύει και το όνομα τους αυτές οι χειρονομίες χρησιμοποιούνται για δείξουν τη χρήση κάποιου «αόρατου» αντικειμένου που υπάρχει στο χέρι του ομιλητή. Για παράδειγμα, τέτοιου είδους χειρονομία έχουμε όταν κάποιος περιγράφει σε κάποιον άλλον τον τρόπο που οδηγούσε, προσποιούμενος τις κινήσεις που θα έκανε αν στα χέρια του είχε το τιμόνι.

Πρόσφατα το 2011 σε συνέδριο του οργανισμού Επικοινωνίας Ανθρώπου Μηχανής (CHI) [70] παρουσιάστηκαν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να γίνει ταξινόμηση και κατηγοριοποίηση χειρονομιών που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία ανθρώπου υπολογιστή.

Μια κατηγοριοποίηση θα μπορούσε να γίνει με βάση το συμβολισμό, τη σημασία των χειρονομιών, όπως και το κατά πόσο οι χειρονομίες είναι φυσικές, δηλαδή κατά πόσο σχετίζονται με την μεταχείριση φυσικών αντικειμένων. Με βάση αυτό οι χειρονομίες μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Μεταφορές (Metaphor) ή παράδειγμα (Paradigm) [25] ή αναλογία όπως περιγράφεται από τους Appert, Caroline και Zhai, Shumin [15]: Μια χειρονομία που χαρακτηρίζεται ως μεταφορά ουσιαστικά αποτελεί την μεταφορά της ενέργειας που θα συνέβαινε σε ένα αντικείμενο στον πραγματικό κόσμο, με την ενέργεια που θα γίνει στο λογισμικό της συσκευής αφής. Για παράδειγμα όταν σέρνουμε το δάχτυλο μας ένα χαρτί στην επιφάνεια ενός τραπέζιου, κατά αντίστοιχο τρόπο μπορούμε να σύρουμε ένα γραφικό στοιχείο στην οθόνη μιας συσκευής αφής.
- Φυσικές (Physical) : Οι χειρονομίες αυτές εφαρμόζουν σε ένα αντικείμενο κάποια ενέργεια όπως ακριβώς αυτή θα γίνονταν στο αντικείμενο στον πραγματικό κόσμο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο τρόπος με τον οποίο ένα κουμπί πατιέται στο φυσικό κόσμο. Το κουμπί πατιέται χρησιμοποιώντας συνήθως την άκρη των δαχτύλων, έτσι και στις συσκευές αφής τα κουμπιά πατιούνται με τον ίδιο τρόπο, αναμένοντας κάποια ενέργεια να ξεκινήσει μετά το πάτημα και στις δύο περιπτώσεις.
- Συμβολική (Symbolic) : Οι χειρονομίες αυτές αναπαριστούν κάποιο σύμβολο και ως παράδειγμα παρουσιάζεται η σχεδίαση του γράμματος B πάνω στην συσκευή ή η σχεδίαση ενός X πάνω σε ένα αντικείμενο το οποίο θα οδηγήσει στη διαγραφή του.
- Αφηρημένες (Abstract) : Δεν υπάρχει κάποια αντιστίχιση μεταξύ ενέργειας και χειρονομίας Ένας άλλος διαχωρισμός που μπορεί να γίνει είναι με βάση το μέσο που χρησιμοποιείται για τη σχεδίαση τους:
- Χειρονομία χεριού (Hand gesture): Χειρονομίες που χρησιμοποιούνται όλα τα δάχτυλα ενός χεριού.
- Χειρονομία δαχτύλου (Finger gesture): Χειρονομίες που χρησιμοποιείται ένα δάχτυλο για τη σχεδίαση τους.
- Χειρονομία στυλού (Stylus-Pen gesture): Χειρονομίες που σχεδιάζονται με τη χρήση στυλού ή γραφίδας.

Σημαντικό παράγοντας στις χειρονομίες είναι ο άξονας ή άξονες στους οποίους σχεδιάζεται μια χειρονομία. Έτσι, άλλη μια κατηγοριοποίηση των χειρονομιών μπορεί να γίνει με βάση σε πόσους άξονες σχεδιάζεται μια χειρονομία:

- Μονο-άξονικές χειρονομίες (Single Axis Gesture): Χειρονομίες που η σχεδίαση τους γίνεται σε έναν άξονα.

- Τρι-αξονικές χειρονομίες (Tri-Axis Gesture): Χειρονομίες που γίνεται είτε σε παραπάνω από ένα γραμμικούς άξονες είτε σε κυκλική κίνηση, αλλά όχι και τα δύο.
- Εξι-αξονικές χειρονομίες (Six Axis Gesture): Χειρονομίες που σχεδιάζονται τόσο σε γραμμικούς αλλά και κυκλικούς άξονες.

Παρατηρώντας ευρέως διαδεδομένες χειρονομίες που χρησιμοποιούνται τόσο στα έξυπνα τηλέφωνα ή τα tablets ή και σε άλλες συσκευές αφής παρατηρεί ότι μερικές χειρονομίες αποτελούν σύνθεση από άλλες απλούστερες. Με βάση αυτόν τον άξονα οι χειρονομίες μπορούν να διαχωριστούν με κριτήριο την πολυπλοκότητα σχεδίασης τους σε:

- Απλές (Simple): που αποτελούνται από χειρονομίες που δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες
- Σύνθετες (Compound): οι οποίες μπορούν να διασπαστούν σε άλλες απλούστερες.

Συνοψίζοντας παρουσιάζεται παρακάτω ένας πίνακας κατηγοριοποιήσεων με βάση τους άξονες παραπάνω:




Πίνακας 3-Ταξινόμηση χειρονομιών




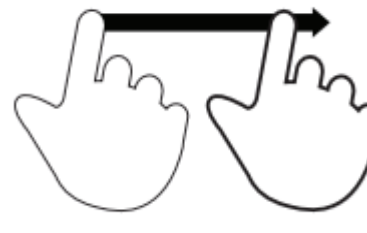
Ταξινόμηση χειρονομιών	
Κριτήριο:	
Λειτουργία	Δεικτικές-σημειωτικές χειρονομίες (semiotic)
	Εργοδικές χειρονομίες (ergotic)
	Επιστημικές χειρονομίες (epistemic)
Τρόπος μετάδοσης μηνυμάτων	Συμβολικές χειρονομίες (Symbolic gestures)
	Δεικτικές χειρονομίες (Deictic gestures)
	Εικονικές χειρονομίες (Iconic gestures)
	Μιμητικές χειρονομίες (Pantomimic gestures)
Αντοισίχιση με χειρονομίες στον φυσικό κόσμο	Μεταφορές / Παραδείγματα / Αναλογίες
	Φυσικές
	Συμβολικές
	Αφηρημένες
Μέσο σχεδίασης	Χειρονομίες Δαχτύλου
	Χειρονομίες Χεριού
	Χειρονομίες Στυλού
Άξονας σχεδίασης	Μono-αξονικές Χειρονομίες
	Τρι-αξονικές Χειρονομίες
	Εξι-αξονικές Χειρονομίες
Πολυπλοκότητα	Απλές
	Σύνθετες





4.2 Συνηθισμένες χειρονομίες σε οθόνες αφής


Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με τις πιο διαδεδομένες χειρονομίες που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας, την γραφική τους απεικόνιση καθώς και τις ενέργειες με τις οποίες σχετίζονται.

Πίνακας 4-Γνωστές χειρονομίες

Όνομα		Περιγραφή	Χρήσεις
Άγγιγμα (Tap)	 <p>Εικόνα 19 – Χειρονομία Άγγιγμα [71]</p>	Γρήγορο άγγιγμα της επιφάνειας με το δάχτυλο	Ισοδύναμο του αριστερού κλικ στον υπολογιστή. Εκκίνηση εφαρμογών, πάτημα κουμπιών, τοποθέτηση του κέρσορα σε ένα στοιχείο, εστίαση ελέγχου σε συγκεκριμένο στοιχείο
Διπλό άγγιγμα (Double tap)	 <p>Εικόνα 20 - Χειρονομία Διπλό Άγγιγμα [71]</p>	Διπλό γρήγορο άγγιγμα της επιφάνειας με το δάχτυλο	Εισαγωγή σε λειτουργία επεξεργασίας, άνοιγμα εφαρμογών, επιλογή αντικειμένων, επιλογή κειμένου
Άγγιγμα διαρκείας (Tap and hold)	 <p>Εικόνα 21 – Χειρονομία άγγιγμα διαρκείας [71]</p>	Άγγιγμα της επιφάνειας με το δάχτυλο και παραμονή του δαχτύλου στο σημείο επαφής	Ισοδύναμο του δεξιού κλικ στον υπολογιστή. Δημιουργία συντομεύσεων εικονιδίων, επιλογή στοιχείων, εμφάνιση βοήθειας για την περιοχή, προσθήκη επισημάνσεων σε εικόνες, αλλαγή λειτουργίας

<p>Τσίμπημα (Pinch)</p>	 <p>Εικόνα 22 - Χειρονομία τσίμπημα [71]</p>	<p>Άγγιγμα της επιφάνειας σε δύο σημεία με δύο διαφορετικά δάχτυλα και στη συνέχεια τα δάχτυλα έρχονται το ένα κοντά στο άλλο</p>	<p>Μεγέθυνση και εστίαση εικόνας στην περιοχή που γίνεται, η επαφή μεγέθυνση χάρτη, zoom σε εφαρμογές φωτογραφίας, μεγέθυνση περιοχής σε ιστοσελίδα</p>
<p>Άνοιγμα (Stretch)</p>	 <p>Εικόνα 23 - Χειρονομία άνοιγμα [71]</p>	<p>Άγγιγμα της επιφάνειας με δύο δάχτυλα και στη συνέχεια απομάκρυνση του ενός από το άλλο</p>	<p>Σμίκρυνση εικόνας στην περιοχή που γίνεται, η επαφή μεγέθυνση χάρτη, zoom σε εφαρμογές φωτογραφίας, μεγέθυνση περιοχής σε ιστοσελίδα</p>
<p>Περιστροφή (Rotate)</p>	 <p>Εικόνα 24 - Χειρονομία Περιστροφή [71]</p>	<p>Άγγιγμα της επιφάνειας με δύο δάχτυλα και στη συνέχεια περιστροφή του ενός δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα με κέντρο το άλλο.</p>	<p>Περιστροφή αντικειμένου, εικόνας ή χάρτη προς τη φορά περιστροφής του δαχτύλου</p>
<p>Τράβηγμα (Drag)</p>	 <p>Εικόνα 25 - Χειρονομία Τραβήγματος [71]</p>	<p>Μετακίνηση ενός δαχτύλου στην επιφάνεια χωρίς να χαθεί η επαφή</p>	<p>Εμφάνιση συνέχειας μια σελίδας ή ενός εγγράφου. Για παράδειγμα σέρνοντας το δάχτυλο από το πάνω προς το κάτω μέρος της οθόνης σε ένα έγγραφο, εμφανίζεται το υπόλοιπο μέρος του εγγράφου</p>

<p>Άγγιγμα και τράβηγμα (Tap and Drag)</p>	 <p>Εικόνα 26 - Χειρονομία Άγγιγμα και τράβηγμα [71]</p>	<p>Άγγιγμα της οθόνης με ένα δάχτυλο και στη συνέχεια μετακίνηση του πάνω στην οθόνη χωρίς να χαθεί η επαφή</p>	<p>Μετακίνηση αντικειμένων στην οθόνη</p>
<p>Γρήγορου τραβήγματος (Flick)</p>	 <p>Εικόνα 27 - Χειρονομία Γρήγορου τραβήγματος [71]</p>	<p>Γρήγορη μετακίνηση του δαχτύλου πάνω στην επιφάνεια</p>	<p>Εμφάνιση επόμενου στοιχείου, όπως πχ σε ένα πρόγραμμα προβολής εικόνων εμφάνιση επόμενης εικόνας</p>
<p>Τραβήγμα με δύο δάχτυλα (two-finger drag)</p>	 <p>Εικόνα 28 - Χειρονομία Τραβήγματος με δύο δάχτυλα [71]</p>	<p>Σύρσιμο δύο δαχτύλων στην επιφάνεια προς την ίδια η διαφορετική κατεύθυνση</p>	<p>Επιλογή πολλών αντικειμένων</p>
<p>Μάζεμα (squeeze)</p>	 <p>Εικόνα 29 - Χειρονομία μαζέματος [71]</p>	<p>Άγγιγμα επιφάνειας με πέντε δάχτυλα και στη συνέχεια έρχονται στο ίδιο σημείο</p>	<p>Κλείσιμο εφαρμογής, επιστροφή σε προηγούμενη κατάσταση</p>

<p>Αγγίγμα διάρκειάς με δύο δάχτυλα (Two-finger hold)</p>	 <p>Εικόνα 30 - Χειρονομία αγγίματος διάρκειάς με δύο δάχτυλα [71]</p>	<p>Αγγίγμα της επιφάνειας με δύο δάχτυλο και παραμονή των δαχτύλων στα σημεία επαφής</p>	<p>Επιλογή των ενδιάμεσων στοιχείων όπως κείμενο</p>
---	---	--	--

Εύκολα παρατηρεί κανείς πως συχνά παραπάνω από μια χειρονομίες σχετίζονται με ίδιες ενέργειες. Η συσχέτιση αυτή απορρέει από το γεγονός ότι οι χειρονομίες διαχειρίζονται διαφορετικά τόσο από τα διαφορετικά λειτουργικά που υπάρχουν στις συσκευές αφής τόσο και από την πληθώρα των διαφορετικών εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί σε αυτές. Μάλιστα, παρατηρείται το φαινόμενο ακόμα και η ίδια χειρονομία να χρησιμοποιείται διαφορετικά ή να αντικαθίσταται από άλλη σε διαφορετική έκδοση ακόμα και του ίδιου λειτουργικού ή εφαρμογής. Είναι σίγουρο πως οι ενέργειες που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορεί να αλλάξουν από το χρόνο συγγραφής της παρούσας εργασίας.

4.3 Κατηγοριοποίηση Χειρονομιών

Λαμβάνοντας υπόψιν τις κατηγορίες χειρονομιών που εξετάστηκαν στο κεφάλαιο 1.8 γίνεται η εξής ταξινόμηση των παραπάνω χειρονομιών:

Πίνακας 5-Ταξινόμηση χειρονομιών με βάση τα κριτήρια της ενότητας 1.8

Ταξινόμηση χειρονομιών		
Κριτήριο:		
Λειτουργία	Δεικτικές-σημειωτικές χειρονομίες (semiotic)	
	Εργοδικές χειρονομίες (ergotic)	
	Επιστημικές χειρονομίες (epistemic)	Tap, Double tap, Tap and hold, Pinch, Stretch, Rotate, Drag, Tap and Drag ,Flick ,Two finger drag ,Squeeze, Two-finger hold
Τρόπος μετάδοσης μνημάτων	Συμβολικές χειρονομίες (Symbolic gestures)	
	Δεικτικές	Tap, Double tap, Tap and hold, Pinch, Stretch ,Rotate,

	χειρονομίες (Deictic gestures)	Drag, Tap and Drag ,Flick ,Two finger drag ,Squeeze
	Εικονικές χειρονομίες (Iconic gestures)	
	Μιμητικές χειρονομίες (Pantomimic gestures)	
Αντιοιστίχηση με χειρονομίες στον φυσικό κόσμο	Μεταφορές / Παραδείγματα / Αναλογίες	Pinch, Stretch, Rotate, Drag ,Tap and Drag ,Flick ,Two finger drag, Squeeze
	Φυσικές	Tap, Double tap , Tap and hold , Two-finger hold
	Συμβολικές	
	Αφηρημένες	
Μέσο σχεδίασης	Χειρονομίες Δαχτύλου	Tap, Double tap, Tap and hold, Pinch, Stretch, Rotate, Drag, Tap and Drag ,Flick ,Two finger drag, Two-finger hold
	Χειρονομίες Χεριού	Squeeze
	Χειρονομίες Στυλού	Tap Double tap, Tap and Hold, Drag, Tap and Drag
Αξονας σχεδίασης	Μono-αξονικές Χειρονομίες	tap, double tap, Tap and hold, Pinch, Tap and Drag, Flick, Two finger Drag, Two-finger hold
	Τρι-αξονικές Χειρονομίες	Rotate
	Εξι-αξονικές Χειρονομίες	Squeeze
Πολυπλοκότητα	Απλές	Tap, Flick , Pinch ,Rotate ,Drag , Stretch , Squeeze
	Σύνθετες	double tap, tap and hold, Tap and Drag, Two finger Drag , Two-finger hold

Είναι λογικό οι χειρονομίες αυτές να μη κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλες τις κατηγορίες ανάλογα με το κριτήριο. Ως επί το πλείστο οι χειρονομίες αυτές δεν αποτελούν προϊόν οργανωμένης επιστημονικής έρευνας αλλά δημιουργήθηκαν εξελικτικά για να καλύψουν τις ανάγκες. Παρατηρώντας καλύτερα την κάθε κατηγορία προκύπτουν διάφορα συμπεράσματα. Αρχικά, είναι προφανές ότι οι χειρονομίες χρησιμοποιούνται για να δώσουν είσοδο στον υπολογιστή και όχι για να μεταφέρουν πληροφορίες όπως για παράδειγμα οι χειρονομίες που κάνει κάποιος τροχονόμος μεταδίδοντας την πληροφορία πότε να κινηθούν και πότε όχι αμάξια, έτσι οι χειρονομίες που σχετίζονται με τη διεπαφή

μέσω της αφής ανήκουν αποκλειστικά στις «επιστημικές» χειρονομίες. Οι χειρονομίες στην επαφή μέσω της αφής χρησιμοποιούνται για να μεταφερθούν στον υπολογιστή εντολές που πρέπει να εκτελέσει, άρα εύλογα με βάση τα παραπάνω όλες οι χειρονομίες που χρησιμοποιούνται στις συσκευές αφής είναι δεικτικές. Αρκετά ενδιαφέρον έχει και η επόμενη κατηγοριοποίηση. Είναι αρκετά σαφές οι χειρονομίες έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι πιο άμεσες στο χρήστη. Έτσι, σχεδιάζονται με σκοπό να ελαχιστοποιούν το νοητικό φόρτο του χρήστη, δηλαδή, να είναι πιο κοντά σε αυτόν. Για αυτό το λόγο έχουν καθιερωθεί χειρονομίες που είτε οι ενέργειες τους είναι απομιμήσεις ομοιών τους στη πραγματικότητα δηλαδή στο φυσικό κόσμο, είτε χειρονομίες που μοιάζουν σε ανάλογες με τη χρήση ποντικιού σε σταθερό υπολογιστή. Επίσης, παρατηρείται ότι σε πολλές χειρονομίες το στυλό χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως το δάχτυλο. Πολλές είναι χειρονομίες που μπορούν να εκτελεστούν είτε από το στυλό είτε από το δάχτυλο και να έχουν τα ίδια αποτελέσματα. Σε αντίθεση, χειρονομίες που για τη σχεδίαση τους απαιτείται όλο το χέρι, φαίνεται να μην έχουν ισοδύναμες με το στυλό. Ένα άλλο σημείο που αξίζει να σχολιαστεί είναι ότι η πλειονότητα των χειρονομιών αποτελείται από χειρονομίες σε έναν άξονα, γεγονός που είναι λογικό δεδομένου ότι θα πρέπει οι χρήστες να μπορούν να τις υλοποιήσουν εύκολα, κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό όταν αυτές αποτελούνται από κινήσεις σε παράπλω από έναν άξονα.

5. ΣΧΕΔΙΑΣΗ

5.1 Οδηγίες-Προτάσεις για την ανάπτυξη εφαρμογών σε οθόνες αφής

Έχοντας διαβάσει τα παραπάνω καταλαβαίνει κανείς πως η σχεδίαση εφαρμογών έτσι ώστε να είναι όσο πιο δυνατόν αποδοτικότερες μόνο εύκολη δεν είναι. Για τη σχεδίαση τέτοιων χειρονομιών κάποιος πρέπει να λάβει υπόψιν του πολλές παραμέτρους και άξονες [14].

Ανάδραση (Feedback)

Αναμφίβολα ένα από τα βασικά στοιχεία στο σχεδιασμό ενός γραφικού περιβάλλοντος (GUI) είναι η δημιουργία απάντησης στο χρήστη, δηλαδή ανάδρασης (feedback), σε κάθε ενέργεια του χρήστη όπως είναι γνωστό από τους δέκα κανόνες ευχρηστίας του Nielsen [71]. Έτσι, και στο σχεδιασμό περιβάλλοντος που αναγνωρίζουν χειρονομίες είναι η παροχή ανάδρασης. Ιδιαίτερα στις συσκευές αφής όπου ο χρήστης συχνά δεν γνωρίζει σε ποιες περιοχές μια χειρονομία μπορεί να σχεδιαστεί ή εάν σχεδίασε σωστά μια χειρονομία η ανάγκη παροχή ανάδρασης είναι επιτακτική. Η ανάδραση αυτή μπορεί να είναι είτε μέσω ήχου, είτε μέσω δόνησης. Η ανάγκη της ανάδρασης τονίζεται επίσης και από την Apple στις οδηγίες που δίνει για το σχεδιασμό εφαρμογών στο iPhone [72] καθώς και από την Microsoft στην αντίστοιχη ιστοσελίδα [73]. Σύμφωνα με τον Don Norman η ανάδραση πρέπει να εκκινείται άμεσα σε χρόνο 50 με 100 msec. Επίσης, υποστηρίζει ότι μια απλή δόνηση (beep) δεν είναι επαρκής στις συσκευές αφής καθώς αυτές υποστηρίζουν πιο σύνθετη είσοδο σε σχέση με παλαιότερες συσκευές [23] και υπογραμμίζει ότι απαιτείται ανάδραση με παραπάνω από έναν τρόπους (rich feedback) έτσι ώστε να αποφεύγονται και να αναγνωρίζονται τα λάθη των χρηστών. Η επιτακτική ανάγκη για την ανατροφοδότηση των χρηστών υποστηρίζεται και από τον Zhai Shumin καθώς σε πειράματα που διεξήγε το 2008 και το 2010, παρατηρήθηκε πως η παροχή ανάδρασης βελτιώνει τις επιδόσεις των χρηστών στην ταχύτητα και στην διεκπαιρέωση των εργασιών που τους ζητήθηκαν [74] [32]. Από τα πειράματα αυτά πρόκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα όσο αφορά για το αν η ανάδραση πρέπει να γίνεται μέσω ήχου (audio feedback) ή μέσω κάποια ένδειξης πάνω στην οθόνη (visual feedback). Καταγράφηκε ότι οι χειρονομίες που σχεδιάστηκαν με οπτική ανάδραση ήταν πολύ μικρότερες σε μέγεθος σε σχέση με όταν σχεδιάζονται χωρίς σε αντίθεση με τις χειρονομίες που σχεδιάστηκαν με ηχητική ανάδραση οι οποίες είχαν σχεδόν το ίδιο μέγεθος με αυτές που σχεδιάστηκαν χωρίς ηχητική ανάδραση. Το ίδιο παρατηρήθηκε και με την ταχύτητα κατασκευής των χειρονομιών, δηλαδή ότι η οπτική ανάδραση συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση του χρόνου σε αντίθεση με την ηχητική ανάδραση. Συνοψίζοντας, καταλαβαίνουμε ότι για την παροχή ανάδρασης καλό θα ήταν οι εφαρμογές που σχεδιάζονται για οθόνες αφής θα πρέπει να έχουν και οπτική ανάδραση [75].

Φυσιολογία του χεριού

Για τη σχεδίαση χειρονομιών αδιαμφησβήτητα πρέπει να ληφθεί υπόψιν η φυσιολογία και η ανατομία του χεριού, όπως υποστηρίχτηκε σε συνέδριο σχετικά με τον σχεδιασμό οπτικών περιβαλλόντων (Conference on Advanced Visual Interfaces) [76]. Το χέρι καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψιν στο σχεδιασμό των χειρονομιών. Μελέτες έχουν δείξει πως τα δάχτυλα του χεριού δεν μπορούν να λειτουργήσουν ως αυτόνομες οντότητες. Λόγω των μυών που υπάρχουν γύρω από τα δάχτυλα, έχει αποδειχτεί ότι η κίνηση ενός δαχτύλου σε μικρό βαθμό μπορεί να προκαλέσει μικρή κίνηση και των διπλανών [75]. Άλλο σημαντικό εύρημα ερευνών είναι ότι ο αντίχειρας

και ο δείκτης μπορούν να κινηθούν πολύ πιο ανεξάρτητα σε σχέση με τα υπόλοιπα δάχτυλα. Ο αντίχειρας μάλιστα, κινείται σε διαφορετικό επίπεδο καθώς έχει δικούς του μύες σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δάχτυλα.

Ενδείξεις

Όπως υποστηρίχθηκε πρωτύτερα, ένα μεγάλο μειονέκτημα των συσκευών αφής είναι το γεγονός ότι ο χρήστης συχνά δεν γνωρίζει σε ποια περιοχή έχει τη δυνατότητα να σχεδιάσει κάποια χειρονομία για την εκκίνηση μιας ενέργειας. Συμπερασματικά, είναι αναγκαίο να παρέχονται στο χρήστη στοιχεία, ενδείξεις ή μαθήματα (tutorials) έτσι ο χρήστης να είναι σε θέση να αναγνωρίσει τις χειρονομίες και τα αποτελέσματα τους [15] [58].

Χειρονομίες

Η μεγάλη πρόκληση στο σχεδιασμό χειρονομιών έγκειται στην προσπάθεια που πρέπει να γίνει στη φάση της δημιουργίας τους είναι το πως οι χρήστες θα μπορούν να αναγνωρίζουν το αποτέλεσμα των χειρονομιών καθώς και την πιο εύκολη ανάκληση τους από τη μνήμη [32]. Για αυτό είναι σημαντικό οι χειρονομίες πάνω στην οθόνη να έχουν σχέση με τις αντίστοιχες στο φυσικό κόσμο. Ειδικότερα, έρευνες δείχνουν ότι για την κατανόηση των χειρονομιών και των αποτελεσμάτων τους η σχέση τους με την πραγματικότητα καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το πως αυτές θα γίνουν αντιληπτές από τους χρήστες. Οι χρήστες προτιμούν χειρονομίες οι οποίες μιμούνται χειρονομίες από την πραγματικότητα. Αυτές αποτελούν την κατηγορία των μεταφορών που αναπτύχθηκε παραπάνω. Έτσι για τη σχεδίαση χειρονομιών είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψιν το νοητικό υπόβαθρο των χρηστών και πως αυτοί θα συνδέσουν τις χειρονομίες με τα αποτελέσματα τους. Χρήστες από διαφορετικές χώρες είναι πολύ πιθανόν να αντιλαμβάνονται διαφορετικά την κάθε χειρονομία, έτσι η σύνδεση της χειρονομίας με το αποτέλεσμα της να δυσχαιρένεται. Η χρήση των μεταφορών ενθαρρύνεται και από την apple στις συστάσεις που δίνει για την ανάπτυξη εφαρμογών σε iPhone [72]. Επιπρόσθετα, οι χειρονομίες πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε ενέργειες που έχουν αντίθετα αποτελέσματα να εκκινούνται από παρόμοιες χειρονομίες. Για να γίνει πιο σαφές το παραπάνω επιχείρημα, αρκεί κανείς να αναλογιστεί τη χειρονομία flick. Όταν κάποιος για παράδειγμα θέλει να προβάλει την επόμενη φωτογραφία από μια συλλογή, πρέπει με αντίστοιχη χειρονομία να προβάλει και την προηγούμενη φωτογραφία και όχι αυτό να συμβαίνει με μια τελείως διαφορετική χειρονομία.

Αποτελέσματα άλλων ερευνών [77] έδειξαν ότι οι χρήστες επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν χειρονομίες που σχεδιάζονται με το ένα χέρι και ότι δεν τους νοιάζει πόσα δάχτυλα χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, είναι προτιμότερο για ενέργειες που χρησιμοποιούνται συχνά να χρησιμοποιούνται απλούστερες χειρονομίες που είναι πιο εύκολο να απομνημονευθούν. Τέλος, ένα άλλο σημαντικό συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι εικονίδια ή γράμματα του αλφαβήτου είναι καλό να χρησιμοποιούνται ως χειρονομίες.

Ένα άλλο σημαντικό σημείο που αξίζει να αναφερθεί είναι τα αποτελέσματα μιας καταγραφής που έγινε το 2009, όταν ζητήθηκε από χρήστες να ορίσουν τις δικές τους χειρονομίες [78]. Πειράματα που έγιναν [70], κατέδειξαν την ευκολία στην απομνημόνευση των χειρονομιών που είχαν σχεδιάσει οι ίδιοι οι συμμετέχοντες σε αυτά, ενίσχυσαν αυτήν την άποψη. Παρατηρήθηκε ότι για τους χρήστες ήταν πιο εύκολο να απομνημονεύσουν τις χειρονομίες που οι ίδιοι όρισαν παρά αυτές που υπήρχαν ήδη. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι οι χειρονομίες που δημιουργήθηκαν από τους χρήστες έμοιαζαν σε μεγάλο βαθμό σε κινήσεις του ποντικιού των κλασικών υπολογιστών. Αργότερα, το 2013 υπήρξαν

προτάσεις που υποστήριζαν πως για τις συσκευές αφής, θα ήταν πολύ ωφέλιμη η δυνατότητα οι χρήστες να μπορούν να ορίσουν από μόνοι τους χειρονομίες συμπληρώνοντας τις υπάρχουσες [79].

Ακόμη, οι σχεδιαστές εφαρμογών που προορίζονται για συσκευές που η είσοδος γίνεται μέσω και ή αποκλειστικά στυλού θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τους, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του στυλό. Πρέπει να υπάρξει μέριμνα ώστε να απομονώνεται η είσοδος από το στυλό και η εφαρμογή να μην αντιδρά σε ακούσια αγγίγματα του χεριού πάνω στην οθόνη. Οι χειρονομίες που προορίζονται να σχεδιάζονται και από στυλό θα πρέπει να προσαρμόζονται στις ανάγκες και στα χαρακτηριστικά της σχεδίασης από στυλό. Σύμφωνα, με έρευνες, όταν ίδιες χειρονομίες που δημιουργούνταν από χρήστες παρατηρήθηκε ότι ήταν μικρότερες σε μέγεθος, γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψιν κατά την αξιοποίηση του χώρου του περιβάλλοντος της εφαρμογής. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι το στυλό προτιμήθηκε για τη δημιουργία πιο σύνθετων, άρα θα πρέπει να παρέχονται στο χρήστη οι κατάλληλες υποδείξεις ώστε να τον ενθαρρύνουν να χρησιμοποιεί το στυλό [38].

Πιο συγκεκριμένα για την επιλογή πολλαπλών στόχων έχουν γίνει οι εξής προτάσεις για τη διευκόλυνση των χρηστών σύμφωνα με πειράματα που έγιναν το 2009 [17]:

- Η επιλογή πολλών στόχων χρησιμοποιώντας ένα δάχτυλο είναι πολύ πιο γρήγορη σε σχέση με τη χρησιμοποίηση του ποντικιού. Ακόμα και συσκευές που υποστηρίζουν μόνο ένα σημείο επαφής είναι πολύ αποδοτικές.
- Η αναγνώριση παραπάνω από δύο σημείων επαφής δεν έχει μεγάλη διαφορά στην απόδοση, καθώς όπως παρατηρήθηκε οι μικρότεροι χρόνοι επιλογής τυχαίων στοιχείων ήταν όταν οι χρήστες χρησιμοποιούσαν δύο δάχτυλα.

Τέλος, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι παρά τις μεγάλες δυνατότητες των συσκευών αφής, όλες υστερούν σε ένα σημείο. Παρόλο που οι οθόνες αφής είναι συσκευές δύο καταστάσεων, όπως το ποντίκι, όπως υποστηρίζεται από τον Buxton, οι συσκευές αυτές αφήνουν διαφορετική αίσθηση σε σχέση με το ποντίκι. Καμία από αυτές δεν μπορεί να προσομοιώσει τις ενέργειες του ποντικιού με την ίδια ευκολία. Για αυτό είναι σημαντικό οι εφαρμογές που προορίζονται για συσκευές με οθόνες αφής να σχεδιάζονται γύρω από δυο άξονες. [28]

- Όλα τα στοιχεία των εφαρμογών πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνονται μέσω συρσίματος (dragging), είτε μέσω πατημάτων (tap).
- Εισαγωγή ειδικών μηχανισμών που να προσομοιώνουν το κλικ, δεξί κλικ, σύρσιμο και hover του ποντικιού .

Κλίση οθόνης

Σίγουρα όλοι μας έχουμε έρθει σε επαφή με οθόνες σε διαφορετικές θέσεις. Γίνεται αντιληπτό, ότι ακόμα και ο τρόπος που έχει τοποθετηθεί μια οθόνη επηρεάζει τη διάδραση μεταξύ ανθρώπου και οθόνης. Για παράδειγμα, υπάρχουν οθόνες οι οποίες είναι τοποθετημένες οριζόντια όπως σε μουσεία οθόνες που είναι τοποθετημένες με κάποια κλίση και άλλες οι οποίες είναι τοποθετημένες πάνω σε τοίχους κάθετα.



Εικόνα 31 - Οθόνη αφής σε οριζόντια θέση [80]



Εικόνα 32 - Οθόνη αφής σε πλάγια θέση [81]



Εικόνα 33 - Οθόνη αφής σε κάθετη θέση [82]

Ποια όμως είναι η κλίση της οθόνης η οποία είναι η βέλτιστη και η πιο ξεκούραστη για το χρήστη; Χωρίς αμφιβολία, πρέπει να ληφθεί υπόψιν η κούραση που δημιουργείται στο

χέρι. Σύμφωνα με έρευνες και πειράματα που έγιναν [83], στα οποία οι συμμετέχοντες καλούνταν να χαρακτηρίσουν την εμπειρία τους με οθόνες σε διάφορες κλίσεις, προέκυψε πως η βέλτιστη θέση για τις οθόνες είναι η οριζόντια. Τα πειράματα έδειξαν ότι όταν οι συμμετέχοντες αλληλοεπιδρούσαν με οθόνες που ήταν τοποθετημένες κάθετα, ο χρόνος που απαιτούνταν και τα λάθη αυξανόντουσαν ενώ η ικανοποίηση των συμμετεχόντων ήταν χαμηλή.

Γενικά

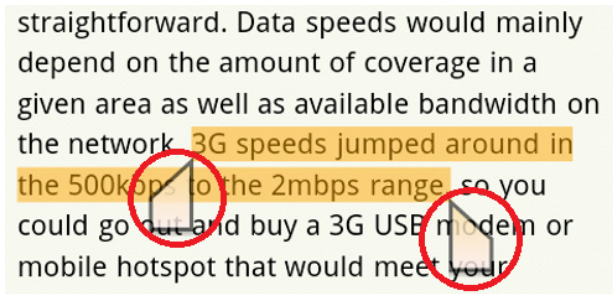
Ο χρήστης αλληλοεπιδρώντας με μια συσκευή αφής χρησιμοποιεί το δάχτυλο του κάτι το οποίο δεν παρέχει μεγάλη ακρίβεια στις ενέργειες που εκτελεί πάνω σε μία συσκευή. Ταυτόχρονα, το γεγονός ότι οι οθόνες αφής χρησιμοποιούνται σε διάφορα περιβάλλοντα από εργοστάσια μέχρι στα κινητά τηλέφωνα υπόκεινται σε εξωτερικούς κραδασμούς που καθιστούν την διεκπεραίωση εργασιών που απαιτούν ακρίβεια δύσκολη. Έρευνα [83] υποστηρίζει ότι καλό θα ήταν να αποφεύγεται η απαίτηση ενεργειών από το χρήστη όπως η μεταφορά εικονικών αντικειμένων σε διαδοχικές θέσεις που απαιτείται μεγάλη ακρίβεια. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πάτημα ενός διπλανού γράμματος όταν κάποιος προσπαθεί να πληκτρολογήσει ένα μήνυμα σε κινητό με οθόνη αφής καθώς περπατάει. Το πρόβλημα αυτό εντείνεται όταν η οθόνη της συσκευής είναι μικρή. Σε μελέτη που έγινε αναφορικά με αυτό το πρόβλημα προβάλλονται διάφορες μέθοδοι για την αντιμετώπισή του [84] [83]. Για τις ενέργειες που απαιτείται το σύρσιμο και η εναπόθεση ενός αντικειμένου (drag and drop) δεν πρέπει να απαιτείται τεράστια ακρίβεια. Η ενέργεια αυτή πρέπει να επιτυγχάνεται από την επαύξηση των ορίων των περιοχών που μπορεί να γίνει αυτή η εναπόθεση του αντικειμένου, έτσι ώστε ο χρήστης να έχει το περιθώριο λάθους, το οποίο θα διορθώνεται από το λογισμικό της εφαρμογής. Το μέγεθος των κουμπιών ή των περιοχών που ο χρήστης μπορεί να αγγίξει θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε ο χρήστης να μην έχει προβλήματα αναφορικά με την απόδοση του σε λάθη και ταχύτητα. Πειράματα έδειξαν ότι οι χρήστες τα κατάφερναν καλύτερα όταν οι περιοχές, τις οποίες έπρεπε να αγγίξουν, ήταν μεγαλύτερες. Τα πειράματα αυτά επίσης κατέδειξαν ότι όσο μικρότερη είναι μια περιοχή, τόσο περισσότερο ένας χρήστης είναι επιρρεπής στη δημιουργία λαθών. Στο πλαίσιο αυτό η Apple στις προτάσεις της για τον σχεδιασμό εφαρμογών προτείνει τα κουμπιά να έχουν μέγεθος τουλάχιστον 44 x 44 σημεία (points) [72], η Google 48 x 48 pixels [85] και η Microsoft αντίστοιχα προτείνει τα μέρη του περιβάλλοντος χρήστη που μπορούν να πατηθούν να είναι το λιγότερο 9 x 9 χιλιοστά [86]. Το ίδιο επισημαίνεται και σε πρακτικά συνεδρίων όπου προτείνεται πως το ελάχιστο μέγεθος μια περιοχής που χρήστης μπορεί να αγγίξει θα πρέπει να είναι τουλάχιστον όσο η άκρη ενός δαχτύλου [87].

Επίσης, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψιν το περιβάλλον στο οποίο χρησιμοποιείται μια συσκευή αφής. Λόγω της εδραίωσης των οθονών αφής σε πολλές συσκευές της καθημερινότητας κυρίως των κινητών θα πρέπει να υπάρξει μέριμνα για και το πρωταρχικό τους σκοπό ως οθόνες, δηλαδή όχι την είσοδο αλλά την έξοδο την οποία παρέχουν. Για αυτό το λόγο συνιστάται τα κείμενα τα οποία υπάρχουν στις εφαρμογές για συσκευές αφής να μορφοποιούνται κατάλληλα έτσι ώστε να μην κουράζουν το χρήστη. Επειδή οι οθόνες αφής συχνά χρησιμοποιούνται κάτω από άμεσο ηλιακό φως τα γράμματα στα κείμενα επιβάλλεται να έχουν μεγάλη αντίθεση με το φόντο τους έτσι ώστε να είναι πιο ευανάγνωστα [86]. Το ίδιο πρέπει να εφαρμοσθεί και στα υπόλοιπα στοιχεία του γραφικού περιβάλλοντος της εφαρμογής έτσι ώστε, να είναι βέβαιο ότι ο χρήστης θα μπορεί να διακρίνει τα διαφορετικά στοιχεία του προγράμματος στην οθόνη και σε συνθήκες άμεσου ηλιακού φωτός. Σε αυτήν την κατεύθυνση, η εμπειρία χρήστη μπορεί να βελτιωθεί και από

το “rocking” όπως ονομάζεται από τη Microsoft, ομαδοποίησης δηλαδή αντικειμένων. Σε πολλές εφαρμογές συσκευών αφής υπάρχει η δυνατότητα πατώντας παρατεταμένα το δάχτυλο σε ένα στοιχείο, να επιλέγεται όχι μόνο το συγκεκριμένο στοιχείο αλλά και τα διπλανά του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι πως πατώντας σε ένα γράμμα λέξης κειμένου παρατεταμένα επιλέγεται ολόκληρη η λέξη [88]. Αντίστοιχα, από την άλλη μεριά θα πρέπει να υπάρχει επαρκής απόσταση μεταξύ διαφορετικών στοιχείων έτσι ώστε ο χρήστης να μην πατάει κάλαθος διπλανά κουμπιά.

Ένας άλλος σημαντικό στοιχείο που πρέπει να τονιστεί είναι πως οι λόγω της εξάπλωσής τους, οι οθόνες αφής χρησιμοποιούνται παγκοσμίως σε πολλές διαφορετικές χώρες. Αυτό, επιφέρει προβλήματα στις εφαρμογές που σχεδιάζονται για τις συσκευές αφής καθώς δεν λαμβάνεται υπόψιν ο τρόπος γραφής και ανάγνωσης μερικών χωρών. Στοιχεία του γραφικού περιβάλλοντος τα οποία σχετίζονται με τη κάθε χώρα και τον τρόπο γραφής και ανάγνωσης της, πρέπει να σχεδιάζονται κατάλληλα έτσι ώστε οι χρήστες να αντιλαμβάνονται τη λειτουργία τους προσαρμοσμένα στην κάθε χώρα [89]. Για παράδειγμα στη χώρα μας το σύρσιμο ενός slider που σχετίζεται με την ένταση της μουσικής στα δεξιά, αντιλαμβάνεται ως αύξηση της φωνής ενώ σε χώρες όπως χώρες της Αραβίας αντιλαμβάνεται ως μείωση. Αντίστοιχα σε πολλές χώρες όπως η Αραβία οι αριθμοί έχουν τελείως διαφορετική αναπαράσταση που ίσως να απαιτούν μεγαλύτερο χώρο πάνω στη συσκευή για την προβολή τους, με αποτέλεσμα να πρέπει να δεσμευθεί χώρος αρχικά.

Οι εφαρμογές που αναπτύσσονται για συσκευές αφής θα πρέπει να μεριμνούν για την ελάφρυνση του νοητικού φορτίου του χρήστη. Όπως προαναφέρθηκε, οι χρήστες αδυνατούν να κατανοήσουν ποιο στοιχεία του γραφικού περιβάλλοντος μπορούν να κάνουν τι. Έτσι είναι βασικό η εφαρμογή να μπορεί να δείξει στο χρήστη τις δυνατότητες της. Προτείνεται από την Apple [72] τα διάφορα στοιχεία με τα οποία μπορεί να αλληλεπιδράσει ένας χρήστης να είναι χρωματισμένα με ξεχωριστά χρώματα. Επιπρόσθετα αποτελεί διευκόλυνση για το χρήστη η παροχή «χερουλιών» (handles) έτσι ώστε να μπορεί να επιλέξει μικρά στοιχεία όπως γράμματα [88].

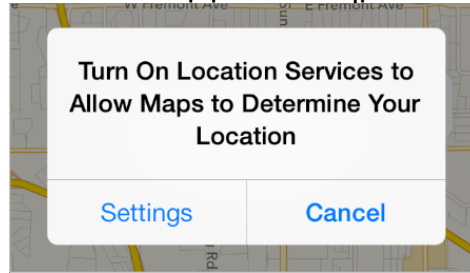


Εικόνα 34 - Χερούλια για την ευκολότερη επιλογή κειμένου [90]

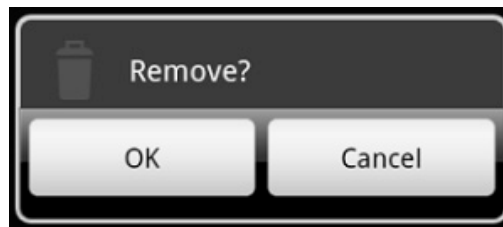
Επιπλέον, για τη διευκόλυνση των χρηστών, πρέπει να παρέχονται μπάρες κύλισης ή κάποια αντίστοιχη ένδειξη, έτσι ώστε να γνωστοποιείται στο χρήστη ότι υπάρχει περιεχόμενο εκτός από τα όρια της οθόνης σε όπως συμβαίνει και με εφαρμογές σχεδιασμένες για τους υπολογιστές.

Ακόμα, συνίσταται η συνεχής ενημέρωση του χρήστη μέσω μνημάτων, έτσι ώστε ο χρήστης να μην χάνει την κατάσταση της συσκευής [91]. Συχνά, τα λειτουργικά συστήματα ή οι εφαρμογές για συσκευές αφής στην προσπάθειά τους να βοηθήσουν το χρήστη

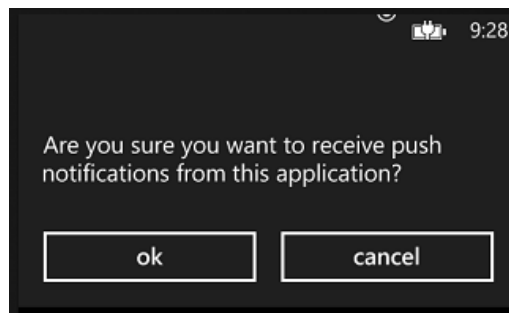
ενεργοποιούν άλλες υπηρεσίες των συσκευών ή υποσυστήματα. Έτσι είναι απαραίτητο για την κάθε ενέργεια στη συσκευή να δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει εκείνος αν επιθυμεί να γίνει η ενέργεια μέσω κατάλληλων μηνυμάτων. Παράδειγμα τέτοιων μηνυμάτων υπάρχουν τόσο στο λειτουργικό σύστημα Android, iOS, Windows phone.



Εικόνα 35 - Ενημέρωση χρήστη μέσω διαλόγου στο iPhone [92]



Εικόνα 36 - Ενημέρωση χρήστη μέσω διαλόγου στο Android [93]



Εικόνα 37 - Ενημέρωση χρήστη μέσω διαλόγου στο Windows Phone [94]

Λόγω της μορφής της οθόνης αφής, είναι δύσκολο να γίνει είσοδος πολλών δεδομένων ιδιαίτερα κειμένου σε οθόνες αφής. Για αυτό είναι απαραίτητο οι χρήστες να διευκολύνονται όσο μπορούν από τη σχεδίαση γραφικών στοιχείων κάτι το οποίο προαναφέρθηκε ως ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των συσκευών αφής. Για παράδειγμα για την είσοδο ημερομηνίας, βολεύει να παρέχεται στο χρήστη, με γραφικά, ένα ημερολόγιο, ο οποίος με απλά πατήματα (tap) μπορεί να επιλέξει τη μέρα, το μήνα και χρονιά που επιθυμεί, σε αντίθεση με τον κλασικό τρόπο, στον οποίο ο χρήστης πληκτρολογεί αριθμούς για τη συμπλήρωση της ημερομηνίας [95].

5.2 Ανοιχτά ζητήματα

Η εδραίωση των οθονών αφής ως ένας από τους κυρίαρχους τρόπους επικοινωνίας με υπολογιστή ξεκίνησε πριν από λίγα χρόνια και με αμείωτους ρυθμούς συνεχίζεται μέχρι τις μέρες μας. Ο τρόπος επικοινωνίας αυτός αποτελεί καινούρια τεχνολογία με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλά προβλήματα και ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν.

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των συσκευών με οθόνες αφής και των εταιριών που αναπτύσσουν εφαρμογές για αυτές παρατηρείται τεράστιο εύρος διαφορών από τη μία εφαρμογή στην άλλη αλλά και από λειτουργικό σύστημα σε λειτουργικό σύστημα. Ιδιαίτερα στην περίπτωση των έξυπνων κινητών και των ταμπλετών, τα οποία είναι από τα εμπορικότερα προϊόντα της εποχής. Οι λειτουργίες, χειρισμός και χειρονομίες διαφέρουν είναι πιθανό να διαφέρουν σημαντικά από εφαρμογή σε εφαρμογή. Το χρόνο συγγραφής αυτής της εργασίας παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν κάποια πρότυπα που να παρέχουν οδηγίες και κατευθύνσεις για την ανάπτυξη λογισμικού για οθόνες αφής. Το γεγονός αυτό δημιουργεί σύγχυση στους χρήστες, καθώς είναι πολύ πιθανό ακόμα και σε παρόμοιες εφαρμογές να παρατηρείται διαφορετικό περιβάλλον χρήστη, διαφορετικά κουμπιά και διαφορετικές χειρονομίες οι οποίες έχουν το ίδιο αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, σε εφαρμογές προβολής φωτογραφιών παρατηρείται ότι σε μερικές αρκεί η χειρονομία pinch-squeeze για τη μεγέθυνση ή σμίκρυνση της προβαλλόμενης φωτογραφίας ενώ σε άλλες να μην παρέχεται αυτή η δυνατότητα και η μεγέθυνση και σμίκρυνση να γίνεται μέσω κουμπιών '+' και '-' αντίστοιχα. Ακόμη και σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος παρατηρείται το ίδιο πρόβλημα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι πως τα λειτουργικά συστήματα των smartphones ή tablets ελαχιστοποιούν την ενεργή εφαρμογή. Στο Android ο χρήστης για να ελαχιστοποιήσει την εφαρμογή που είναι στο προσκήνιο πρέπει να πατήσει το κεντρικό κουμπί της συσκευής σε αντίθεση με το λειτουργικό iOS στο οποίο ο χρήστης πρέπει να χρησιμοποιήσει την χειρονομία squeeze για το ίδιο αποτέλεσμα. Τέλος, ακόμα και σε κατασκευαστικό επίπεδο παρατηρείται η έλλειψη προτύπων. Εύκολα, παρατηρεί κανείς ότι διαφορετικό αριθμό κουμπιών και λειτουργιών στο κάθε κουμπί που έχουν οι συσκευές Android σε σχέση με τις αντίστοιχες της Apple και της Microsoft.



Εικόνα 38 - Διαφορετικός αριθμός κουμπιών σε συσκευή Android, Windows Phone, iPhone

Όλα αυτά είναι φυσικό να συμβαίνουν καθώς, όπως αναφέρθηκε δεν υπάρχουν πρότυπα που θα πρέπει να ακολουθηθούν και η κάθε εταιρία αφενός προσπαθεί να περάσει τη δική της φιλοσοφία στα προϊόντα της, αφετέρου θέλει να προστατέψει τα πνευματικά

δικαιώματα και τις πατέντες της από ανταγωνιστές μην αφήνοντας την αντιγραφή των μεθόδων της. Όλα αυτά αδιαμφισβήτητα κάνουν πιο δύσκολη τη ζωή των χρηστών και ουσιαστικά καταλύουν τη δυνατότητα των χρηστών να μάθει ο ένας από τον άλλον όπως υποστηρίζεται και από το Nielsen [22].

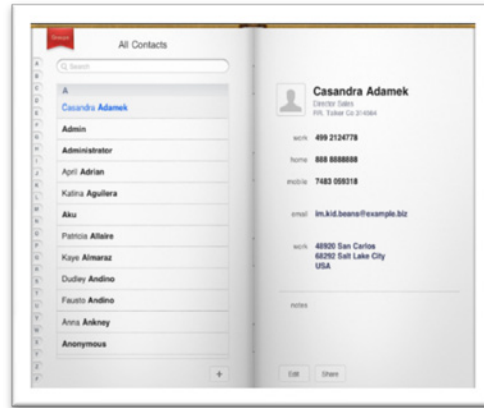
5.3 Σύγχρονες τάσεις στη σχεδίαση

Παρατηρώντας κανείς την εξέλιξη της διεπαφής ανθρώπου μηχανής μέσω της αφής γίνεται αντιληπτό, πως οι αλλαγές που συμβαίνουν τόσο στη σχεδίαση των εφαρμογών, όσο και στον τρόπο που αλληλοεπιδρά ο χρήστης με κάποια συσκευή αφής, είναι γρήγορες και συνεχείς. Διαρκώς υπάρχουν καινοτομίες και τάσεις που έρχονται σε σύγκρουση με τις παλιές και τις αντικαθιστούν. Αρκεί κανείς να σκεφτεί τη διαφορά ανάμεσα στα σημερινά κινητά αφής και τους προκατόχους τους, για να καταλάβει την ταχύτητα με την οποία συμβαίνουν αυτές οι μεταβάσεις. Όσο, η επικοινωνία μέσω της αφής εισχωρεί όλο και περισσότερο στη ζωή μας, τόσο περισσότερες καινοτομίες αναπηδούν από εταιρίες, μεγάλες και μικρές που προσπαθούν να κάνουν τα προϊόντα τους περισσότερο ανταγωνιστικά. Έτσι, άτυπα οι εφαρμογές αρχίζουν να αντιγράφουν σε ένα βαθμό η μια την άλλη προσπαθώντας να επιβιώσουν, διαμορφώνοντας έτσι κοινά χαρακτηριστικά στη σχεδίαση, τα οποία μεταβάλλονται από εποχή σε εποχή. Βέβαια, υπάρχουν παραδείγματα καινοτομιών και πατέντων που παρά τις αλλαγές που έφερναν στη διάδραση μέσω αφής, δεν αφομοιώθηκαν. Παράδειγμα αποτελεί το γεγονός πως παρόλο που το λειτουργικό σύστημα της Microsoft, Windows 7 υποστήριζε την αναγνώριση χειρονομιών [96], το γραφικό του περιβάλλον δεν ενθάρρυνε τη χρήση τους, καθώς τα παράθυρα, οι επιλογείς, οι μπάρες κύλισης ήταν σχεδιασμένες για τη χρήση ποντικιού και πολύ λεπτές για να τις αγγίξει κανείς με ευκολία με το δάχτυλο και σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος των οθονών αφής εκείνης της εποχής, λίγοι ήταν αυτοί που χρησιμοποίησαν χειρονομίες στη διάδραση τους με τον υπολογιστή.

Αναμφίβολα, η διεπαφή μέσω αφής είναι γνωστή στις μέρες μας λόγω του ότι αποτελεί τον κύριο τρόπο διάδρασης στις κινητές συσκευές. Αναπόφευκτα οι εταιρίες που αναπτύσσουν λογισμικό για αυτές ορίζουν σε μεγάλο βαθμό τα πρότυπα και τις τάσεις που υιοθετούνται και αναπαράγονται από τις υπόλοιπες μικρότερες εταιρίες ανάπτυξης εφαρμογών. Για αυτό και στις μέρες μας υπάρχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά που παρατηρούνται μεταξύ των εφαρμογών τόσο στη σχεδίαση, όσο και στον τρόπο διάδρασης με το χρήστη. Είναι δύσκολο κανείς να καταλήξει σε συμπέρασμα για το αν αυτές οι αλλαγές που συμβαίνουν κάνουν πιο εύκολη ή πιο δύσκολη την διάδραση των χρηστών με τις συσκευές καθώς δεν αποτελούν προϊόν ακαδημαϊκών ερευνών, για τις οποίες απαιτείται μεγάλος χρόνος διεξαγωγής. Ακολουθεί μια προσπάθεια καταγραφής των τάσεων, οδηγιών και προτάσεων που θα συναντήσει κανείς αναλύοντας και παρατηρώντας το σύνολο των εφαρμογών στο χρόνο συγγραφής της παρούσας εργασίας (2015).

Στην παρούσα εποχή παρατηρείται η προσπάθεια για τη σχεδίαση εφαρμογών που θα κάνουν απλούστερη τη σχεδίαση των γραφικών περιβαλλόντων τους και βοηθούν το χρήστη στη διάδραση μαζί τους. Μέχρι τώρα, στη προσπάθεια εταιριών που γίνεται ώστε οι εφαρμογές τους να γίνονται πιο εύκολες και οικίες στο χρήστη αντιγράφουν τη πραγματικότητα, που έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρούνται προβλήματα στην εμπειρία του χρήστη. Παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή αποθήκευσης επαφών στο iPad [97]. Οι σχεδιαστές έχουν προσπαθήσει να τη σχεδιάσουν έτσι ώστε να μοιάζει με ατζέντα επαφών στο πραγματικό κόσμο, εντούτοις ο χρήστης μέσω της χειρονομίας swiipe δεν οδηγείται

στην επόμενη επαφή όπως εύκολα θα υποψιάζονταν κάποιος.



Εικόνα 39 - Εφαρμογή ατζέντας στο iPad [97]

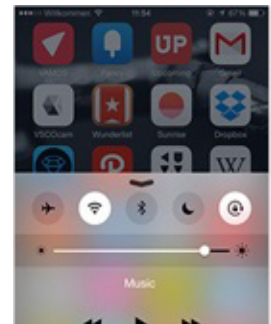
Υπάρχουν, πληθώρα τέτοιων προβλημάτων που έχουν καταγραφεί. Ως αντιπρόταση προβάλλεται ο τρόπος της «επίπεδης» σχεδίασης (flat design) [98]. Σε αυτήν οι σχεδιαστές βασίζονται στα γραφικά στοιχεία προκειμένου να τονίσουν τη λειτουργικότητα στους χρήστες. Χρησιμοποιούνται επίπεδα σχεδίασης (layers), σκιές και υφές (textures) έτσι ώστε να τονιστούν στους χρήστες τα στοιχεία, η λειτουργικότητα τους καθώς και οι περιοχές με τις οποίες ένας χρήστης μπορεί να αλληλοεπιδράσει με την εφαρμογή. Επιπλέον, υπάρχει μινιμαλιστική σχεδίαση, αποφεύγοντας τη χρήση πολλών σκιών ή χρωμάτων στις γραμματοσειρές των κειμένων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας σχεδίασης αποτελεί το περιβάλλον των Windows 8, το οποίο αποτελεί ένα περιβάλλον που είναι σχεδιασμένο τόσο για την διεπαφή μέσω πληκτρολογίου και ποντικιού όσο και μέσω της αφής, όσο και η εφαρμογή της Google, Google Now. Σε αυτόν τον τρόπο σχεδίασης αποφεύγεται η άμεση απομίμηση της σχεδίασης των εφαρμογών με τη πραγματικότητα γνωστό ως “σκευομορφισμός” (skeuomorphism) [99]. Η επίπεδη σχεδίαση προτείνεται τόσο και από την Google καθώς υπάρχουν εκτενείς αναφορές με συγκεκριμένες οδηγίες και κατευθύνσεις για την υλοποίηση της [100] όσο και από την apple καθώς στα τελευταία της λειτουργικά συστήματα παρατηρείται η υιοθέτηση αυτής της σχεδίασης από εφαρμογές όπως η αριθμομηχανή, αποφεύγοντας τον παλιό τρόπο σχεδίασης της. Είναι εμφανές ότι η επίπεδη σχεδίαση αρχίζει να λαμβάνει όλο και περισσότερο έδαφος ως ο κυρίαρχος τρόπος σχεδίασης της εποχής της συγγραφής αυτής της εργασίας.

Ταυτόχρονα, παρατηρούνται και άλλες τάσεις και προτάσεις στη σχεδίαση εφαρμογών που εστιάζουν στην προσπάθεια που γίνεται για τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη. Παρατηρείται η σχεδίαση εφαρμογών με επίπεδα (layers), τα οποία επικαλύπτονται και θαμπώνουν έτσι ώστε ο χρήστης να εστιάζει σε αυτό που είναι ενεργό, δημιουργώντας έτσι την ψευδαίσθηση ότι υπάρχει τρισδιάστατος χώρος στη συσκευή, υιοθετείται από όλο και



Εικόνα 41 - Αριστερά: εφαρμογή βασισμένη στο σκευομορφισμό – Δεξιά :εφαρμογή βασισμένη στην επίπεδη σχεδίαση

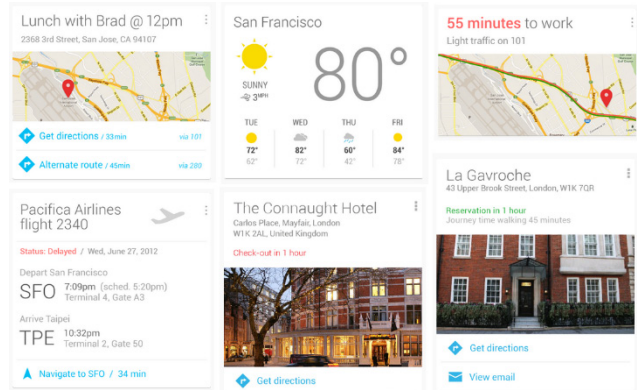
περισσότερες εφαρμογές. Μια άλλη πρόταση είναι η σχεδίαση με βάση καρτέλες [101]. Μια άλλη πρόταση που προκύπτει συχνά είναι η δημιουργία menu που κρύβονται και εμφανίζονται όταν ο χρήστης ακουμπάει τα άκρα της οθόνης και στη



Εικόνα 40 – Παράδειγμα σχεδιασμού με επίπεδα [110]

συνέχεια εξαφανίζονται ή κουμπιά τα οποία τα πατώντας τα αναδύονται αυτού του είδους menu. Καθώς όλο και περισσότερο χώρος απαιτείται για τις εφαρμογές, είναι βολικό τα menu να κρύβονται έτσι ώστε υπάρχει περισσότερος χώρος για την κυρίως εφαρμογή. Πίσω από αυτήν την τάση υπάρχει η αρχή «Η λειτουργικότητα να κρύβεται μέχρι να χρειαστεί» [102]. Ακόμη, κοινό στοιχείο πολλών εφαρμογών είναι η χρήση κινούμενων σχεδίων (animations) για την απεικόνιση πληροφορίας στις εφαρμογές όσο και εφέ κατά τη διάρκεια των μεταβάσεων μεταξύ διαφορετικών οθονών. Με τη χρήση animations βελτιώνεται η εμπειρία χρήστη καθώς η εφαρμογή γίνεται πιο «ζωντανή» σε αντίθεση με πολλές εφαρμογές που προσφέρουν απλά μια μηχανική και «σοβαρή» εμπειρία [103].

Γίνεται αντιληπτό ότι οι οθόνες αφής αρχίζουν να χρησιμοποιούνται σε όλο και μεγαλύτερα μεγέθη σε μεγαλύτερο ρυθμό στη καθημερινή μας ζωή από ότι παλιότερα που κάποιος θα συναντούσε μεγάλες οθόνες αφής μόνο σε μουσεία. Για παράδειγμα εμφανίζονται laptops με οθόνες αφής, γεγονός που καταδεικνύει τη μεγάλη αποδοχή τους. Έτσι είναι πολύ πιθανόν να προκύψουν νέες τεχνικές, χειρονομίες και τρόποι σχεδίασης για την καλύτερη σχεδίαση εφαρμογών σε άλλα μεγέθη. Ταυτόχρονα, η εμφάνιση πολύ



Εικόνα 42 Google Now Παράδειγμα σχεδιασμού κάρτας με επίπεδη σχεδίαση [109]

μικρών συσκευών όπως ρολογιών χειριού αφής, σίγουρα θα φέρει αλλαγές στη διάδραση μεταξύ ανθρώπου-μηχανής μέσω της αφής, καθώς αποτελεί την τελευταία λέξη της τεχνολογίας στο είδος και δεν υπάρχουν καθόλου πληροφορίες γύρω από αυτήν και είναι προφανές πως απαιτούνται νέοι τρόποι και τεχνικές για τη διάδραση μέσω αφής σε τόσο μικρές επιφάνειες.

Ακόμη πρόσφατα γίνονται προσπάθειες για την αναβάθμιση των συσκευών όσο αφορά τη λειτουργικότητα τους με χειρονομίες. Έχουν γίνει έρευνες που αποσκοπούν στη χρήση της πίεσης ως μιας επιπλέον μεταβλητής στις χειρονομίες, όπου ανάλογα με το βαθμό πίεσης και τη χειρονομία θα εκκινείται διαφορετική ενέργεια. Αυτό που φάνηκε ως βέλτιστη λύση, ήταν οι εφαρμογές να αναγνωρίζουν δύο επίπεδα πίεσης. Σε διαφορετική περίπτωση, επειδή η αντίληψη των χρηστών είναι διαφορετική για το πόση δύναμη πρέπει να βάλουν στα δάχτυλα τους, δημιουργούνται προβλήματα. Ένα παράδειγμα εφαρμογής που προτείνουν οι υποστηρικτές αυτής της ιδέας είναι πως όταν ένα χρήστης σέρνει τα δύο δάχτυλα πάνω σε μια οθόνη τότε διατρέχει το περιεχόμενο του προγράμματος (scroll) ενώ αν χρησιμοποιεί περισσότερη δύναμη το παράθυρο της εφαρμογής μετασχηματίζεται (resize) στο μέγεθος που ορίζεται από το δάχτυλο [104].

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτήν την εργασία έγινε προσπάθεια να καταγραφούν τα σημαντικότερα από τα ζητήματα που αφορούν τη διεπαφή ανθρώπου μηχανής μέσω της αφής από την αρχή της δημιουργίας της μέχρι τις μέρες μας. Διαβάζοντας αυτήν την εργασία, κανείς καταλαβαίνει ότι η διάδραση μέσω αφής έχει πολλές πτυχές που πρέπει να μελετηθούν. Ακόμα και ο ορισμός της αποτελεί αντικείμενο συζήτησης. Αντιλαμβάνεται κανείς πως η διάδραση μέσω αφής χρίζει μεγάλης μελέτης και δεν περιορίζεται στο απλό άγγιγμα με τα δάχτυλα. Είναι σημαντικό κάποιος, να γνωρίσει τους λόγους που οδήγησαν στην ραγδαία εξάπλωσή της στις μέρες μας, τις ευκολίες που παρέχει καθώς και τους περιορισμούς που την απαρτίζουν, τους τρόπους με τους οποίους ένας άνθρωπος μπορεί να επικοινωνήσει με μια συσκευή μέσω της αφής και τις διαφορές που ο τρόπος αυτός έχει σε σύγκριση με την καθιερωμένη διάδραση, έτσι ώστε να κατέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα γύρω από αυτήν. Τα πλεονεκτήματα τέτοιων συσκευών αφορούν κυρίως την αμεσότητα των χρηστών με τον υπολογιστή και τα θετικά σ και την δυνατότητα που έχουν οι οθόνες αφής να ενσωματώνονται σε άλλες. Τα αρνητικά απορρέουν κυρίως λόγω της κακής σχεδίασης εφαρμογών, καθώς και των φυσικών περιορισμών του χεριού και της επικάλυψης της οθόνης. Αναμφίβολα τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από τη διάδραση αυτή υπερτερούν των μειονεκτημάτων, γεγονός που εξηγεί και την εδραίωση της διεπαφής μέσω αφής στην εποχή μας.

Τόσο στην διάδραση μέσω του χεριού είτε μέσω του στυλού οι χρήστες έρχονται σε επαφή με ένα νέο και διαφορετικό τρόπο επικοινωνίας με τον υπολογιστή. Βέβαια είναι ακόμη δύσκολο να ταξινομηθούν οι ενέργειες για τις οποίες ενδείκνυται η χρήση του χεριού ή η χρήση του στυλό. Περισσότερες έρευνες θα πρέπει να διενεργηθούν σε αυτή την κατεύθυνση τόσο ως προς το σχεδιασμό εφαρμογών που να ενθαρρύνουν και να ευνοούν τη χρήση του στυλό τόσο και ως προς τεχνολογίες που θα αναβαθμίσουν το υλικό (hardware) των συσκευών που υποστηρίζουν τέτοιο τρόπο εισόδου, έτσι ώστε να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο αυτή η τεχνολογία.

Οι χειρονομίες που έχουν σχεδιασθεί για τη διάδραση μέσω αφής αποτελούν κυρίως απομιμήσεις αντίστοιχων στη πραγματικότητα. Παρόλο που δεν υπάρχει κάποιος φορέας ή οργανισμός κάποιος συντονισμός μεταξύ των σχεδιαστών εφαρμογών έχει επιτευχθεί. Έτσι υπάρχει μια άτυπη συνεννόηση μεταξύ των σχεδιαστών ώστε οι χειρονομίες να μοιάζουν μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών. Παρατηρείται λοιπόν οι χειρονομίες που χρησιμοποιούνται να είναι περιορισμένες και να επαναλαμβάνονται από εφαρμογή σε εφαρμογή, χωρίς να υπάρχουν καινούριες ή διαφορετικές. Αναμφίβολα αυτό αποτελεί θετικό στοιχείο καθώς, για την εκκίνηση παρόμοιων ενεργειών επιλέγονται ίδιες χειρονομίες μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών. Παράδειγμα η χρήση της χειρονομίας flick έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση της επόμενης σελίδας, φωτογραφίας, οθόνης ή αντικειμένου ανάλογα με την εφαρμογή. Βέβαια, παρατηρούνται σπάνια παρεκκλίσεις από αυτά τα κοινά πρότυπα. Αδιαμφησβήτητα άτυπη αυτή συνεννόηση βοηθά τους χρήστες καθώς υπάρχει η ομοιότητα αυτή μεταξύ των εφαρμογών και δεν είναι απαραίτητο οι χρήστες να «εξερευνούν» κάθε φορά τους τρόπους λειτουργίας της κάθε εφαρμογής.

Η διάδραση μέσω αφής δεν αποτελεί πλέον προϊόν μόνο ακαδημαϊκών ερευνών ή αντικείμενο μελέτης πανεπιστημίων όπως όταν ξεκίνησε. Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ποιοι είναι οι παράγοντες εκείνοι που στις μέρες μας συμβάλουν στην εξέλιξή της. Η διάδραση μέσω της αφής έχει κατακτήσει πλέον, το μεγαλύτερο μερίδιο στις έξυπνες κινητές συσκευές. Αυτό έχει αποτέλεσμα, οι εταιρείες που αναπτύσσουν τόσο τις συσκευές

που δέχονται είσοδο μέσω της αφής, όσο και τις εφαρμογές που προορίζονται για τέτοιες συσκευές να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της διάδρασης αυτής. Στο βωμό του κέρδους οι εταιρείες αυτές αναπτύσσουν καινοτομίες, πατέντες, τρόπους σχεδίασης και τρόπο χρήσης προκειμένου να εδραιώσουν την κυριαρχία τους στην αγορά, μονομερώς αγνοώντας τις πραγματικές ανάγκες των χρηστών. Οι αλλαγές αυτές αποσκοπούν στην αύξηση των πωλήσεων τους και αποσκοπούν συχνά στον ενθουσιασμό των χρηστών και λιγότερο στη δημιουργία προϊόντων που θα βελτιώνουν ουσιαστικά την εμπειρία και την διάδραση του χρήστη. Έτσι υπάρχει παντελής έλλειψη συνεννόησης στην υιοθέτηση κοινών γραμμών πλεύσης γεγονός που αποτελεί αντικείμενο πολλών προβλημάτων, μεταξύ χρηστών και συσκευών, καθώς παρουσιάζονται πολλές αλλαγές τόσο από συσκευή σε συσκευή, όσο και από εφαρμογή σε εφαρμογή. Αυτό αποτελεί τροχοπέδη για την ανάπτυξη εφαρμογών σε συσκευές αφής καθώς έτσι οι χρήστες αποπροσανατολίζονται και αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα για τα οποία απαιτούνται πρωτοβουλίες από τους σχεδιαστές και οργανισμούς, που να αποσκοπούν στη κατάρτιση κοινών θέσεων και οδηγιών που θα πρέπει να εμφανίζονται σε εφαρμογές σχεδιασμένες για οθόνες αφής.

Ακόμη, είναι σημαντικό οι σχεδιαστές εφαρμογών να λαμβάνουν υπόψιν τους όλους εκείνους τους παράγοντες για τους οποίους η σχεδίαση εφαρμογών για οθόνες αφής διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από τη σχεδίαση εφαρμογών στους υπολογιστές. Αναμφίβολα κάποιος πρέπει να γνωρίζει τόσο τους περιορισμούς που προκύπτουν όσο και τις δυνατότητες που έχει μια συσκευή αφής. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να εστιαστεί στον τομέα της σχεδίασης χειρονομιών όσο και των ενεργειών με τις οποίες θα σχετιστούν αυτές οι χειρονομίες στην εφαρμογή, για την διευκόλυνση του χρήστη. Αδιαμφησβήτητα ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζονται οι εφαρμογές έτσι ώστε να διευκολύνουν την διεπαφή μέσω αφής, η σχεδίαση χειρονομιών και η σύνδεσή του με ενέργειες, ο διαχωρισμός για το αν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί στυλό ή όχι θα αποτελέσει προϊόν πολλών ερευνών και συνεχών νέων προτάσεων που δεν έχουν καταγραφεί σε αυτή την εργασία.

Σίγουρα, υπάρχουν και άλλοι τομείς στους οποίους πρέπει να εξεταστεί η διάδραση μέσω αφής, οι οποίοι δεν αναφέρθηκαν σε αυτήν την εργασία. Για παράδειγμα είναι σημαντικό να διερευνηθεί ο ρόλος αυτής της τεχνολογία με τυφλά άτομα, που δεν μπορούν να δουν την οθόνη και να αλληλοεπιδράσουν με βάση αυτή και πως η διάδραση μέσω αφής μπορεί να προσαρμοστεί γύρω από αυτά. Αντίστοιχα πρέπει να διερευνηθεί και ο τρόπος που αυτή η τεχνολογία μπορεί να απευθυνθεί σε άτομα περιορισμένης κινητικότητας τα οποία δεν είναι εύκολο να διεκπεραιώσουν τις χειρονομίες που είναι εδραιωμένες. Τέλος, αξίζει να γίνουν έρευνες και γύρω από τον τρόπο που θα μπορούσε η διάδραση αυτή να βοηθήσει στην εκπαίδευση.

Σαν σχετικά νέα τεχνολογία με τη μορφή που την ξέρουμε συζητήθηκαν όλες οι πτυχές που την περιγράφουν μέχρι τις μέρες μας. Αναμφίβολα, λόγω της εξάπλωσης της, σε λίγα χρόνια από τώρα μπορεί να έχει αλλάξει μορφή και χαρακτηριστικά καθώς αποτελεί προϊόν συνεχούς έρευνας, αλλαγών και συζητήσεων. Ο αριθμός των συσκευών που υποστηρίζουν τέτοια διάδραση με τους χρήστες αυξάνεται με γεωμετρική πρόοδο με αποτέλεσμα να έρχονται στην επιφάνεια νέα ζητήματα γύρω από τη διάδραση αυτή. Είναι πολύ πιθανόν να δημιουργηθούν περισσότερες ευκολίες στη χρήση της, να υιοθετηθεί από περισσότερες συσκευές στην καθημερινή μας ζωή, να αναπτυχθούν νέοι τρόποι διάδρασης με συσκευές που υποστηρίζουν είσοδο μέσω αφής, νέες χειρονομίες και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται τώρα να παρακαμφθούν. Είναι σίγουρο πως κάθε αλλαγή που συμβαίνει σε αυτή θα πρέπει να εξετάζεται προσεχτικά γύρω από τους άξονες που συζητήθηκαν σε αυτή την εργασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

tablet	ταμπλέτα
pda	προσωπικός ψηφιακός οδηγός
input	είσοδος
laptop	φορητός υπολογιστής
wimp	πεπε
rocking	Ομαδοποίηση αντικειμενων
windows icons menus pointer	ποντίκι, επιλογείς, παράθυρα, εικονίδια
desktop	επιτραπέζιος υπολογιστής
graphical user interface	γραφικό περιβάλλον χρήστη
smartphones	έξυπνο τηλέφωνο
user interface	περιβάλλον χρήστη
natural user interface	φυσικό περιβάλλον χρήστη
multitouch	πολλαπλά σημεία αφής
hard machines	σκληρές συσκευές
soft machines	μαλακές συσκευές
capacitive touch screens	χωρητικές οθόνες αφής
resistive touch screens	οθόνες αφής αντίστασης
stylus	στυλό-γραφίδα
browser	φυλλομετρητής
tabletop	διαδραστικό τραπέζι
embedding	ενσωμάτωση
multitasking	παράλληλη χρήση
touch	ακουμπώ
responsiveness	κλιμάκωση
vocal	ηχητικής
stroke	χτύπημα
multifinger	πολλαπλά δάχτυλα
pen gestures	χειρονομίες στυλού
hand drawn gestures	χειρονομίες σχεδιασμένες από χέρι
hand drawn marks	σχέδια του χεριού
tripod grip	λαβή τριπόδου

relaxed tripod grip	χαλαρή λαβή τριπόδου
sketch grip	λαβή σχεδιασμού
tuck grip	συμπτυγμένη λαβή
wrap grip	λαβή τυλίγματος
compound task	σύνθετη εργασία
radial steering task	εργασίες που απαιτούν γρήγορες μεταβάσεις
selection task	εργασία επιλογής
shape tracing tasks	ακολουθία του ίχνους
handwriting	χειρόγραφου κειμένου
shorthand-aided rapid keyboarding	δηλαδή σύντομο βοηθούμενο γρήγορο πληκτρολόγιο
semiotic gestures	δεικτικές-σημειωτικές χειρονομίες
ergotic gestures	εργοδικές χειρονομίες
epistemic gestures	επιστημικές χειρονομίες
symbolic gestures	συμβολικές χειρονομίες
deictic gestures	δεικτικές χειρονομίες
iconic gestures	εικονικές χειρονομίες
pantomimic gestures	μιμητικές χειρονομίες
human computer interaction	επικοινωνία ανθρώπου μηχανής
metaphor	μεταφορά
paradigm	παράδειγμα
physical gesture	φυσική χειρονομία
symbolic gesture	συμβολική χειρονομία
abstract gesture	αφηρημένη χειρονομία
hand gesture	χειρονομία χεριού
finger gesture	χειρονομία δαχτύλου
stylus-pen gesture	χειρονομία στυλού
single axis gesture	μονο-αξονική χειρονομία
tri-axis gesture	τρι-αξονική χειρονομία
six axis gesture	εξι-αξονική χειρονομία
simple gesture	απλή χειρονομία
compound gesture	σύνθετη χειρονομία
feedback	ανάδραση, ανατροφοδότηση
rich feedback	ανάδραση με παραπάνω από έναν τρόπους

audio feedback	ανάδραση μέσω ήχου
visual feedback	ανάδραση μέσω της οθόνης
conference on advanced visual interfaces	συνέδριο σχετικά με τα οπτικά περιβάλλοντα
tutorial	μάθημα
tap	πάτημα
drag and drop	σύρσιμο και εναπόθεση
point	σημείο
rocking	ομαδοποίησης αντικειμένων
handle	χερούλια
tap	πάτημα
flat design	επίπεδη σχεδίαση
layer	επίπεδα
texture	υφή
skeuomorphism	σκευομορφισμός
animations	κινούμενα σχέδια
two-finger hold	άγγιγμα διάρκειας με δύο δάχτυλα
tap	άγγιγμα
tap and hold	άγγιγμα διάρκειας
pinch	τσίμπημα
drag	τράβηγμα
tap and drag	άγγιγμα και τράβηγμα
flick	γρήγορο τραβήγματος
two-finger drag	τραβήγμα με δύο δάχτυλα
squeeze	μάζεμα
rotate	περιστροφή
double tap	διπλό άγγιγμα
tap and hold	άγγιγμα διάρκειας
stretch	άνοιγμα

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

PDA	Portable Digital Assistant
ΠΕΠΕ	Ποντίκι, Επιλογείς, Παράθυρα, Εικονίδια
WIMP	Windows Icons Menus Pointer
A.T.M	Αυτόματη Ταμειολογιστική (ή Ταμειακή) Μηχανή
GUI	Graphical User Interface
UI	User Interface
NUI	Natural User Interface
KMS	Knowledge Management Systems
S.H.A.R.K	shorthand-aided rapid keyboarding
HCI	Human Computer Interaction

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] "wikipedia.org," wikipedia, [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/IPhone_\(1st_generation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/IPhone_(1st_generation)). [Accessed 28 6 2015].
- [2] B. Buxton, «Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved,» 2014.
- [3] «WIMP_(computing),» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/WIMP_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/WIMP_(computing)). [Πρόσβαση 11 August 2015].
- [4] wikipedia.org, «wikipedia,» [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_user_interface. [Πρόσβαση 15 July 2015].
- [5] N. L. H. R. J. A., « Soft Machines: A Philosophy of User-Computer Interface Design,» σε *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 1983.
- [6] «wikipedia-Capacitive_sensing,» 4 April 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Capacitive_sensing. [Πρόσβαση 17 May 2015].
- [7] «Resistive touchscreens,» 21 January 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Resistive_touchscreen. [Πρόσβαση 17 May 2015].
- [8] J. Schöning, P. Brandl, F. Daiber, F. Echtler, O. Hilliges, J. Hook, M. Löchtefeld, N. Motamedi, L. Muller, P. Olivier, T. Roth και U. v. Zadow, «Multi-Touch Surfaces: A Technical Guide,» Technical Report TUM-I0833.
- [9] «PLATO (computer system),» May 12 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/PLATO_\(computer_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/PLATO_(computer_system)). [Πρόσβαση 17 May 2015].
- [10] «wikipedia-IBM_Simon,» 15 May 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Simon. [Πρόσβαση 17 May 2015].
- [11] areamobile, «274-neonode-n1,» areamobile, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.aremobil.de/>. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [12] wikipedia, «Microsoft_PixelSense,» wikipedia, 4 October 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_PixelSense. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [13] sapdesign, «Interaction Design Guide for Touchscreen Applications,» 13 May 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.sapdesignguild.org/goodies/TSDesignGL/CONTENTS.HTM>. [Πρόσβαση 18 May 2015].
- [14] K. Kin, M. Agrawala και T. DeRose, «Determining the Benefits of Direct-Touch, Bimanual, and Multifinger Input on a Multitouch Workstation,» σε *Graphics Interface Conference*, Kelowna, British Columbia, Canada, 2009.
- [15] C. Appert και S. Zhai, «Using Strokes as Command Shortcuts:Cognitive Benefits and Toolkit Support,» σε *International conference on Human factors in computing*

- systems*, Boston, 2010.
- [16] B. Poppinga, A. S. Shirazi, N. Henze, W. Heuten και S. Boll, «Understanding shortcut gestures on mobile touch devices,» σε *Proceedings of the 16th international conference on Human-computer interaction with mobile devices & services*, New York, 2014.
- [17] M. A. D. Kenrick Kin, «Determining the Benefits of Direct-Touch, Bimanual, and Multifinger Input,» 2015.
- [18] S. K. Card, T. P. Moran και A. Newell, «The keystroke-level model for user performance time with interactive systems. Commun,» *ACM*, pp. 396-410, 1980.
- [19] A. M. I. A. Andrea Bellucci, «Light on horizontal interactive surfaces: Input space for tabletop computing,» *ACM Computing Surveys*, 2014.
- [20] R. H. ., R. William Buxton, «Issues and Techniques in Touch-Sensitive Tablet Input,» 1985.
- [21] W. Mike και R. Balakrishnan, «Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays,» σε *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, New York, 2003.
- [22] D. Norman και J. Nielsen, «Gestural Interfaces: A Step Backwards In Usability,» *ACM CHI magazine, Interactions*, 2011.
- [23] D. Norman και B. Wadia, «Opportunities and Challenges For Touch and Gesture-Based Systems,» 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.jnd.org/dn.mss/opportunities_and_ch.html. [Πρόσβαση 3 5 2015].
- [24] M. Simes-Marques και I. Nunes, «Usability of Interfaces,» 2012.
- [25] D. Norman, «Natural User Interfaces Are Not Natural,» *ACM CHI magazine*, 2013.
- [26] M. Cirelli και R. Nakamura, «A Survey on Multi-touch Gesture Recognition and Multi-touch Frameworks,» New York, 2014.
- [27] «Interaction Design Guide for Touchscreen Applications,» 13 May 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.sapdesignguild.org/goodies/TSDesignGL/CONTENTS.HTM>.
- [28] K. Hinckley, «Fundamental States of Interaction for Pen, Touch, and Other Novel Interaction Devices,» Redmond.
- [29] <http://bwscmanuals.blogspot.gr/>, «Getting to Know the iPhone,» <http://bwscmanuals.blogspot.gr/>, 10 2 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://bwscmanuals.blogspot.gr/>. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [30] W. M. Newman και R. F. Sproull, *Principles of Interactive Computer Graphics*, New York: McGraw-Hill, 1979.
- [31] B. W, «Chunking and phrasing and the design of human-computer dialogues,» σε *Proceedings of the IFIP World Computer Congress*, Dublin, 1986.

- [32] S. Zhai, P. O. Kristensson, C. Appert, T. H. Andersen και X. Cao, «Foundational Issues in Touch-Screen Stroke Gesture Design - An Integrative Review,» *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 2012.
- [33] «wikipedia-gesture,» 2 July 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gesture>. [Πρόσβαση 3 8 2015].
- [34] B. Buxton, «Comments & Selected References on Gesture,» 2013.
- [35] B. Buxton, «Gesture Based Interaction,» σε *Haptic Input*.
- [36] T. Huawei, R. Xiangshi και Z. Shumin, «A comparative evaluation of finger and pen stroke gestures,» σε *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2012.
- [37] M. Wu και R. Balakrishnan., «Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop,» σε *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, New York, 2003.
- [38] H. T, X. REN και S. ZHAI, «Differences and Similarities between Finger and Pen Stroke Gestures on Stationary and Mobile devices,» *Computer Human Interaction*, τόμ. 22, αρ. 5, p. 39, 2015.
- [39] H. B. Hyunyoung Song, F. Guimbretiere, S. Izadi, X. Cao και K. Hinckley, «Grips and gestures on a multi-touch pen,» σε *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2011.
- [40] A. Cockburn, D. Ahlstrom και C. Gutwin, «Understanding Performance in Touch Selections: Tap, Drag, and Radial Pointing Drag with Finger, Stylus, and Mouse.,» *Journal of Human-Computer*, αρ. 70, pp. 218-233, 2008.
- [41] C. Forlines και R. Balakrishnan, «Evaluating Tactile Feedback and Direct vs Indirect Stylus Input in Pointing and Crossing Tasks,» σε *CHI*, 2008.
- [42] A. Holzinger, M. Holler, M. Schedlbauer και B. Urlsberger, «An Investigation of Finger versus Stylus Input in Medical Scenarios,» σε *Proceedings of ITI* , 2008.
- [43] R. Mack και K. Lang, «A Benchmark Comparison of Mouse and Touch Interface Techniques for an Intelligent Workstation Windowing Environment,» σε *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 1989.
- [44] K. Toy, S. Peres, T. David, A. Nery και R. Phillips., «xamining User Preferences in Interacting with Touchscreen Devices,» σε *Proc. of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2012.
- [45] S. Zabramski, «Careless Touch: A Comparative Evaluation Of Mouse, Pen, And Touch Input,» σε *Proceedings of OzCHI*, 2011.
- [46] E. d. C. V. Bahamóndez, T. Kubitz, N. Henze και A. Schmidt, «Analysis of Children's Handwriting on Touchscreen Phones,» σε *Proceedings of MobileHCI*, 2013.
- [47] R. Briggs, A. Dennis, B. Beck και J. Nunamaker., «Whither the Pen-Based

- Interface?,» *Journal of Management Information Systems*, pp. 71-90, 1992.
- [48] A.A. Ozok, D. Senson, J. Chakraborty και A. Norcio, «A Comparative Study between Tablet and Laptop PCs: User Satisfaction and Preferences,» *Journal of Human Computer Interaction*, pp. 329-352, 2008.
- [49] J. Lewis, «Input rates and user preference for three small-screen input methods: Standard keyboard, predictive keyboard, and handwriting,» σε *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 43rd Annual Meeting*, 1999.
- [50] D. Goldberg και C. Richardson, «Touch-Typing With a Stylus,» *Interchi*, pp. 80-81, 1993.
- [51] <http://www.staffpad.net/>, «<http://www.staffpad.net/>,» <http://www.staffpad.net/>, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.staffpad.net/>. [Πρόσβαση 13 Οκτώβρης 2015].
- [52] S. Zhai και P. O. Kristensson, «The word-gesture keyboard: reimagining keyboard interaction,» *ACM*, pp. 91-101, 2012.
- [53] S. Zhai και p. O. Kristensson, «The word-gesture keyboard: reimagining keyboard interaction,» *Communications of the ACM*, 2012.
- [54] [/www.slashgear.com](http://www.slashgear.com), «TouchPal keyboard for Windows 8 brings gesture typing,» [/www.slashgear.com](http://www.slashgear.com), 1 3 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.slashgear.com/touchpal-keyboard-for-windows-8-brings-gesture-typing-01272080/>. [Πρόσβαση 10 26 2015].
- [55] B. Smith, X. Bi και S. Zhai, «Optimizing Touchscreen Keyboards for Gesture Typing,» σε *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2015.
- [56] P. O. Kristensson και S. Zhai, «SHARK2: A large vocabulary shorthand writing system for pen-based computers,» σε *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 2004.
- [57] S. Zhai και P.-O. Kristensson, «Shorthand writing on stylus keyboard,» σε *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2003.
- [58] O. Bau και W. E. Mackay, «OctoPocus: A Dynamic Guide for Learning Gesture-Based Command Sets,» 2008.
- [59] S. Brewster, F. Chohan και a. L. Brown, «Tactile feedback for mobile interactions,» σε *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2007.
- [60] Brewster, «Overcoming the Lack of Screen Space,» σε *Personal and Ubiquitous Computing*, pp. 188-205.
- [61] J. Rick, «Performance optimizations of virtual keyboards for stroke-based text entry on a touch-based tabletop,» *ACM Press*, 2010.
- [62] S. Zhai, Hunter, M και Smith, «The Metropolis keyboard—an exploration of

- quantitative techniques for virtual keyboard design,» *ACM Press*, 2000.
- [63] Getschow, R. C.O., M.J και G. mTrepagnier, «A systematic approach to design a minimum distance alphabetical keyboard,» *RESNA*, 1986.
- [64] Y. H, «H. A historical study of typewriters and typing methods: from the position of planning Japanese parallels,» *Information Processing*, 1980.
- [65] A. Sears, D. ReEvis, J. Swatskl, R. Crittenden και B. Shneiderman, «Investigating touchscreen typing: the effect of keyboard size on typing speed,» *Behaviour & Information Technology*, 1993.
- [66] Y. S. Park, S. H. Han, J. Par και Y. C. , «Touch Key Design for Target Selection on a Mobile Phone,» 2008.
- [67] D. E. Meyer και W. Abrams R. A, «Tradeoffs in aimed movements,» σε *Toward a theory of rapid voluntary action*, Mahwah, New Jersey, , Ed. Lawrence Erlbaum Associates, 1990, pp. 173-226.
- [68] C. Cadoz, *Les réalités virtuelles*, Paris, 1994.
- [69] B. Rimé και L. Schiaratura, «Gesture and speech,» *Editions de la Maison des Sciences de l'Homme*, τόμ. xiv, pp. 239-281, 1991.
- [70] j. Ruiz, Y. Li και E. Lank, «User-defined motion gestures for mobile interaction,» σε *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2011.
- [71] J. Nielsen, «10 Usability Heuristics for User Interface Design,» 1 1 1995. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>.
- [72] «iOS Human Interface Guidelines,» Apple, [Ηλεκτρονικό]. Available: https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/Process.html#//apple_ref/doc/uid/TP40006556-CH6-SW1. [Πρόσβαση 20 September 2015].
- [73] «Touch Design Guidelines,» Microsoft, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/hh465370.aspx>. [Πρόσβαση 20 September 2015].
- [74] T. H. Andersen και S. Zhai, «Writing with music”: Exploring the use of auditory feedback in gesture interfaces,» *ACM Trans. Appl. Percept*, 3 6 2008 .
- [75] R. R. v. Doorn και P. J. Keuss, «The role of vision in the temporal and spatial control of handwriting,» *Acta Psychologica*, 1992.
- [76] H. Olafsdottir και C. Appert, «Multi-touch gestures for discrete and continuous control,» σε *Proceedings of the 2014 International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, New York, 2014.
- [77] B. Poppinga, A. S. Shirazi, N. Henze, W. Heuten και S. Boll, «Understanding shortcut gestures on mobile touch devices,» σε *Proceedings of the 16th international conference on Human-computer interaction with mobile devices &*

- services, New York, 2014.
- [78] J. O. Wobbrock, M. R. Morris και A. D. Wilson, «User-defined gestures for surface computing,» σε *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2009.
- [79] M. A. Nacenta, Y. Kamber, Y. Qiang και P. O. Kristensson, «Memorability of pre-designed and user-defined gesture sets,» σε *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2013.
- [80] gesturetek, «Illuminate Multi-Touch Table Display Screen and Multi-Touch Surface Computer Technology,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.gesturetek.com/illuminate/productsolutions_illuminatetable.php. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [81] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.diytrade.com/china/pd/4814152/touch_screen_pos_terminal.html. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [82] naftemporiki, «Προβλήματα στα αυτόματα εκδοτήρια εισιτηρίων με το νέο 5ευρω,» naftemporiki, 23 5 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.naftemporiki.gr/story/655506/problimata-sta-automata-ekdotiria-eisitirion-me-to-neo-5euro>. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [83] P. Murano, «A comparative study of the usability of touch-based and mouse-based interaction,» *Emerald Insight*, τόμ. 10, αρ. 1, pp. 115-133, 2014.
- [84] Y. Park, S. Han, J. Park και Y. Cho, «Touch key design for target selection on a mobile phone,» σε *Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction With Mobile Devices and Services*, Amsterdam, 2008.
- [85] «Usability,» Google, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.google.com/design/spec/usability/accessibility.html#accessibility-navigation>. [Πρόσβαση 20 September 2015].
- [86] «Guidelines for targeting,» Microsoft, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/hh465326.aspx>. [Πρόσβαση 20 September 2015].
- [87] F. Wang και X. Ren, «Empirical evaluation for finger input properties in multi-touch interaction,» σε *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2009.
- [88] «Touch design guidelines,» Microsoft, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/hh465370.aspx>. [Πρόσβαση 9 September 2015].
- [89] «Bidirectionability,» Google, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.google.com/design/spec/usability/bidirectionality.html#bidirectionality-rtl-mirroring-guidelines>. [Πρόσβαση 20 September 2015].
- [90] K. PURDY, «Screenshot Tour Of Android 2.3 Gingerbread And Its Best New Features,» /www.lifehacker.com, 7 12 2010. [Ηλεκτρονικό]. Available:

- <http://www.lifehacker.com.au/2010/12/screenshot-tour-of-android-2-3-gingerbread-and-its-best-new-features/>. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [91] «Design Strategies,» Apple, [Ηλεκτρονικό]. Available: https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/Principles.html#//apple_ref/doc/uid/TP40006556-CH4-SW1. [Πρόσβαση 9 September 2015].
- [92] howtogeek, «iOS Has App Permissions, Too: And They're Arguably Better Than Android's,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.howtogeek.com/177711/ios-has-app-permissions-too-and-theyre-arguably-better-than-androids/>. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [93] «Android: remove confirmation dialog window,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://looksook.wordpress.com/2012/11/07/android-remove-confirmation-dialog-window/>. [Πρόσβαση 25 05 2015].
- [94] «How to change #WindowsPhone 8 Lock Screen background?,» kunal-chowdhury, 23 02 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.kunal-chowdhury.com/2014/02/wp8-lock-screen-background-provider.html>. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [95] «Designing for iOS,» Apple, [Ηλεκτρονικό]. Available: https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/index.html#//apple_ref/doc/uid/TP40006556-CH66-SW1. [Πρόσβαση 20 September 2015].
- [96] Microsoft, «using-touch-gestures,» Microsoft, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://windows.microsoft.com/en-us/windows7/using-touch-gestures>. [Πρόσβαση 3 October 2015].
- [97] G. Sasha, «flat-pixels,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://sachagreif.com/flat-pixels/>. [Πρόσβαση 3 October 2015].
- [98] wikipedia, «flat-design,» wikipedia, 1 October 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Flat_design. [Πρόσβαση 3 October 2015].
- [99] wikipedia, «Skeuomorph,» wikipedia, 7 August 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/>. [Πρόσβαση 3 October 2015].
- [100] google.com, «Material Design,» Google.com, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.google.com/design/spec/material-design/introduction.html#introduction-goals>. [Πρόσβαση 3 October 2015].
- [101] C. Jamie, «design-trends,» <http://gizmodo.com/>, 15 January 14. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://gizmodo.com/14-design-trends-for-2014-1501730043?utm_expid=66866090-43.E9Bjfd6NTuSIXJewu2e_Ig.0&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.gr%2F. [Πρόσβαση 3 October 2015].
- [102] T. Fontaine, «top-ui-ux-trends-2015,» 15 January 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.freshconsulting.com/top-ui-ux-trends-2015/>. [Πρόσβαση 3 October

2015].

- [103] G. Whitney, «<http://arctouch.com>,» 24 February 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://arctouch.com/2015/02/most-important-app-ui-design-trends/>. [Πρόσβαση 3 October 2015].
- [104] C. Rendl, P. Greindl, K. Probst, M. Behrens και M. Haller, «Presstures: exploring pressure-sensitive multi-touch gestures on trackpads,» *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 431-434, 2014.
- [105] mashable, «mashable,» mashable, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://mashable.com/2013/09/02/gold-iphone-red-austin-mahone/#zCGXdVaiO5qt>. [Πρόσβαση 10 26 2015].
- [106] «capavitive-vs-resistive,» [mobileshop.eu/blog/little-school](http://www.mobileshop.eu/blog/little-school), [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.mobileshop.eu/blog/little-school/capavitive-vs-resistive/>. [Πρόσβαση 26 October 2015].
- [107] [timsladeblog](http://timsladeblog.com), «ios-6-vs-ios-7-lock-screen,» [/timsladeblog.wordpress.com/](http://timsladeblog.wordpress.com/), 16 06 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://timsladeblog.wordpress.com/2013/06/19/flat-elearning-design-free-articulate-storyline-template/ios-6-vs-ios-7-lock-screen/>. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [108] <http://www.phonearena.com>, «How to install the Google Keyboard 4.0 from Android Lollipop on your device right now,» <http://www.phonearena.com>, 20 10 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.phonearena.com/news/How-to-install-the-Google-Keyboard-4.0-from-Android-Lollipop-on-your-device-right-now_id61941. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [109] [droidlessons](http://droidlessons.com), «Top 30 List of Google Now Commands,» [droidlessons](http://droidlessons.com), [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://droidlessons.com/top-30-list-of-google-now-commands/>. [Πρόσβαση 26 10 2015].
- [110] [appentwicklungberlin](http://www.appentwicklungberlin.de), «Mobile Design Trends & Guidelines 2015,» [appentwicklungberlin](http://www.appentwicklungberlin.de), [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.appentwicklungberlin.de/mobile-design-trends-guidelines-2015/>. [Πρόσβαση 26 10 2015].