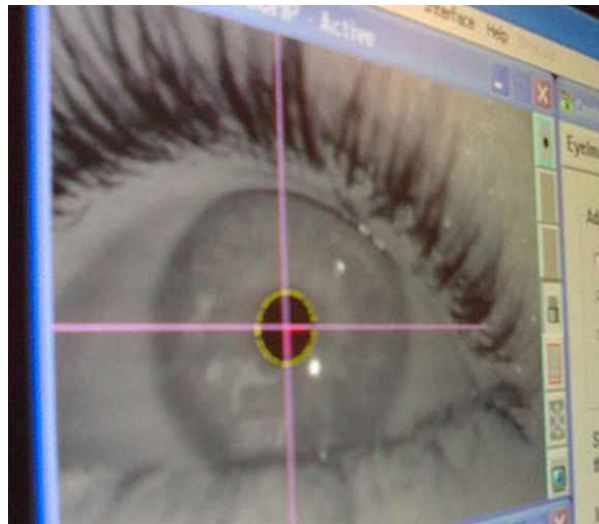


**Πανεπιστήμιο Αιγαίου**  
**ΠΜΣ Σχεδίασης Βιομηχανικών και Διαδραστικών Προϊόντων και Συστημάτων**

**ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΔΙΕΠΑΦΕΣ ΧΡΗΣΤΗ (Advanced User Interfaces)**

**«Αλληλεπίδραση με το βλέμμα: συστήματα και τεχνικές αλληλεπίδρασης για πληκτρολόγηση με το βλέμμα (gaze typing)»**



Διδάσκοντες: Σπ. Βοσινάκης, Παν. Κουτσαμπάσης  
Μετ. Φοιτήτρια: Κουτκαλάκη Ζωή

ΣΥΡΟΣ 2011

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	3
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΛΕΜΜΑ .....	4
ΜΕΘΟΔΟΙ.....	7
ΧΡΟΝΟΣ-ΣΦΑΛΜΑΤΑ .....	9
ΠΕΙΡΑΜΑ .....	12
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	14
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	15
ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	16
Εικόνα 1 Typical eye tracking system using head mount.....	4
Εικόνα 2 A non intrusive eye tracking system .....	4
Εικόνα 3 Sequential row-column scanning .....	6
Εικόνα 4 Gaze-talk-J.....	8
Εικόνα 5 Eye painting with EagleEyes.....	8
Εικόνα 6 8-tile slide puzzle.....	9
Εικόνα 7 Dwell-time button color animation .....	9
Εικόνα 8 Person sitting in front of Japanese version of GazeTalk .....	11
Εικόνα 9 Experimental keyboard.....	12
Εικόνα 10 Dasher.....	14
Εικόνα 11 Iwrite.....	14
Εικόνα 12 pEYEwrite .....	15

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αλληλεπίδραση με το βλέμμα ή πληκτρολόγηση με το βλέμμα σημαίνει την παραγωγή κειμένου χρησιμοποιώντας την εστίαση του βλέμματος. Την χρειάζονται κυρίως άτομα με σοβαρές αναπηρίες και ίσως σε κάποιες περιπτώσεις να είναι η μόνη επιλογή για επικοινωνία. Είναι μια τεχνολογία που εξελίσσεται ραγδαία και μπορεί σήμερα να γίνει μια τυπική διεπαφή ανθρώπου-υπολογιστή. Η αλληλεπίδραση με το βλέμμα σε σύγκριση με άλλες συσκευές αλληλεπίδρασης παρέχει ένα πιο έμμεσο τρόπο επικοινωνίας, των σκέψεων και των συμπεριφορών. Ως φυσικό μέσω επιλογής το βλέμμα είναι εύκολο να μαθευτεί, η διάδραση με τα μάτια δεν είναι μόνο πιο γρήγορη αλλά χρειάζεται λιγότερο κόπο επειδή ο χρήστης δεν συμμετάσχει με το σώμα για την επιλογή των στόχων.

Υπάρχουν όμως πολλά προβλήματα στην πληκτρολόγηση με το βλέμμα, όπως ότι τα μάτια δεν μπορούν να απενεργοποιηθούν ούτε να τοποθετηθούν σε κατάσταση αδράνειας, αν η επιλογή δεν υπάρχει (δεν την καταλαβαίνει το σύστημα). Έτσι κάθε φορά που ένας χρήστης βλέπει προς ένα στόχο στην οθόνη είτε σκόπιμα είτε τυχαία, αυτό το στοιχείο θα ενεργοποιηθεί. Έρευνα έδειξε ότι η εισαγωγή κειμένου με το βλέμμα είναι αργή, περίπου 5-10 λέξεις ανά λεπτό (wpm) (πείραμα με αρχάριους). Ένας «μακρύς» χρόνος παραμονής είναι καλός για την αποφυγή λανθασμένων επιλογών αλλά και μία μακρά στερέωση για τον ίδιο στόχο μπορεί να είναι κουραστική για τα μάτια. Ακόμη ο χρόνος παραμονής προβλέπει ένα όριο για τη μέγιστη ταχύτητα πληκτρολόγησης.

Η αλληλεπίδραση με το βλέμμα έχει αναγνωριστεί ως μια πολλά υποσχόμενη επαυξημένη και εναλλακτική τεχνολογία επικοινωνίας για τα άτομα με σοβαρές τυνησιακές δυσκολίες στα χέρια. Για παράδειγμα υποστηρίζει έναν αριθμό ατόμων με προχωρημένου σταδίου ALS/MND (αμυοτροφική πλευρική σκλήρυνση). Με τη χρήση της τεχνολογίας eye-tracking, αυτά τα άτομα μπορούν να επικοινωνήσουν κοιτάζοντας μόνο μια συγκεκριμένη περιοχή σε μια οθόνη υπολογιστή για να επιλέξουν τους χαρακτήρες ή τις εντολές που χρειάζονται. Ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνει μια συσκευή «μάτι» και την οθόνη με τα εικονικά πλήκτρα για είσοδο. Μπορούν να υιοθετήσουν μια Από τις τρεις αρχές εισόδου:

1) point-and-click: οι επιλογές γίνονται πατώντας το πλήκτρο του ποντικιού ή ενεργοποίησης του εναλλακτικού διακόπτη. Αυτό προϋποθέτει ότι ο χρήστης έχει τη φυσική ικανότητα ελέγχου ενός διακόπτη για την επιλογή.

2) Χρόνος παραμονής (Dwell time): ένα κλειδί στην οθόνη ενεργοποιείται όταν κοιτάζει κάποιος. Το βλέμμα πρέπει να παραμείνει καρφωμένο για κάποιο χρονικό διάστημα.

3) Συνεχής πλοήγηση (continuous navigation) :Το κείμενο πληκτρολόγησης κατευθύνεται από συνεχή αναζήτηση και η πλοήγηση ελέγχεται από έναν ιχνηλάτη ματιών. Dasher: ο χρήστης κάνει τις επιλογές, αναζητώντας γράμματα- στόχους χωρίς αφύσικο σπάσιμο της ροής. Stargazer: με συνεχή πλοήγηση ο χρήστης μεγεθύνει τους χαρακτήρες που εμφανίζονται και ο χαρακτήρας που επιλέγεται είναι πιο μπροστά από τους άλλους.



Εικόνα 1 Typical eye tracking system using head mount



Εικόνα 2 A non intrusive eye tracking system

## ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΛΕΜΜΑ

Η μελέτη των κινήσεων των ματιών είναι προγενέστερη στη ευρεία χρήση των υπολογιστών εδώ και 100 χρόνια. Πέρα από την απλή οπτική παρατήρηση, τις αρχικές μεθόδους στερέωσης για τον εντοπισμό της θέσης του ματιού ήταν αρκετά επεμβατική, που συνεπάγεται άμεση μηχανική επαφή με τον κερατοειδή. Οι Dodge and Cline (1901) ανέπτυξαν την πρώτη ακριβή μη επεμβατική τεχνική ανίχνευσης ματιού, χρησιμοποιώντας το φως που αντανακλάται από τον κερατοειδή. Το σύστημα το οποίο έφτιαξαν κατέγραφαν μόνο την οριζόντια θέση του ματιού επάνω σε μία φωτογραφική πλάκα με την απαίτηση το κεφάλι του συμμετέχοντα να είναι ακίνητο. Αμέσως μετά οι Judd, McAllister και Steel (1905) εφάρμοσαν κίνηση σε μια φωτογραφική εικόνα για την καταγραφή των χρονικών πτυχών της κίνησης των ματιών σε δύο διαστάσεις. Η τεχνική τους κατέγραφε την κίνηση ενός μικρού λευκού κόκκου που είχε τοποθετηθεί στα μάτια των συμμετεχόντων και όχι του φωτός που αντανακλάται άμεσα από τον κερατοειδή. Αυτοί και άλλοι ερευνητές που ενδιαφέρονταν για τις κινήσεις των ματιών και τα συστήματα παρακολούθησης τους απασχόλησαν κατά τη διάρκεια του πρώτου μισού του εικοστού αιώνα. Η δεκαετία

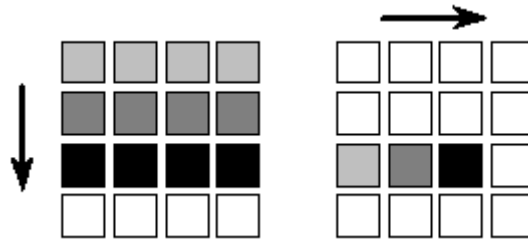
του 1980 δεν ήταν εξαίρεση. Οι προσωπικοί υπολογιστές πολλαπλασιάστηκαν, οι ερευνητές άρχισαν να διερευνούν τον τρόπο με τον οποίο ο τομέας της παρακολούθησης των ματιών μπορεί να εφαρμοστεί στα θέματα αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή.

Η τεχνολογία που φάνηκε ιδιαίτερα εύχρηστη για την απάντηση των ερωτήσεων σχετικά με το πώς οι χρήστες αναζητούν τις εντολές στο μενού του υπολογιστή. Το 1980 επίσης σηματοδότησε την έναρξη της παρακολούθησης των ματιών σε πραγματικό χρόνο, όπως ένα μέσο αλληλεπίδρασης ανθρώπου- υπολογιστή. Από νωρίς στον τομέα αυτό επικεντρώθηκαν κυρίως σε άτομα με ειδικές ανάγκες. Ο συνδυασμός της αλληλεπίδρασης με τα μάτια σε πραγματικό χρόνο ήταν πρωτοπόρος κατά τη διάρκεια του 1980. Σε πιο πρόσφατες περιόδους, η παρακολούθηση των ματιών για την αλληλεπίδραση ανθρώπου- υπολογιστή έχει δείξει περιορισμένη αύξηση ως μέσο για τη μελέτη της ευχρηστίας των διεπαφών υπολογιστών και ως μέσο αλληλεπίδρασης με τον υπολογιστή.

Το βλέμμα φυσικά χρησιμοποιείται για την απόκτηση οπτικών πληροφοριών. Για παράδειγμα δείχνει το επίκεντρο της προσοχής. Ως μια μέθοδος εισόδου το βλέμμα έχει τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Είναι ένας φυσικός τρόπος εισόδου για να επικεντρωθεί στα στοιχεία που εξετάζει. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι η απόκτηση του στόχου είναι μια γρήγορη διαδικασία με την προϋπόθεση ότι οι στόχοι είναι αρκετά μεγάλοι. Όμως το βλέμμα δεν είναι τόσο ακριβές όσο το ποντίκι. Ανακρίβεια προέρχεται από τεχνολογικούς λόγους και από τα χαρακτηριστικά του ματιού. Το μέγεθος του βοθρίου και η αδυναμία της απομακρυσμένης κάμερας περιορίζει την ακρίβεια μέτρησης του σημείου του βλέμματος 0,5 που αντιστοιχεί σε 15 pixel σε μία τυπική οθόνη. Ακόμη κι αν είναι ακριβές στην αρχή με τη συνεχή χρήση του μετρούμενου σημείου παρασύρεται μακριά από το σημείο του βλέμματος. Αυτό οφείλεται στην τεχνολογία και λόγω της κίνησης του κεφαλιού και των ματιών από 0,5-1 και 1-1,5 σε κανονική στάση θέασης.

Μια τυπική εγκατάσταση έχει έναν ιχνηλάτη για το μάτι και ένα πληκτρολόγιο στην οθόνη. Η συσκευή εντοπισμού ακολουθεί το σημείο του βλέμματος και με βάση την ανάλυση το σύστημα αποφασίζει ποιο γράμμα θέλει ο χρήστης. Είναι γνωστό ότι η αλληλεπίδραση με συμβατικές γραφικές διεπαφές χρήστη ενισχύονται με την προσθήκη ήχου. Υπάρχουν συστήματα πληκτρολόγησης με μεγάλα πλήκτρα και δεν απαιτούν σχετική ακρίβεια. Συχνά χρησιμοποιούν ευφυή συστήματα πρόβλεψης λέξεων. Η διάταξη του πληκτρολογίου QWERTY έχει διατηρηθεί λόγω απλούστερης διάταξης.

Η ανάγκη να περιοριστεί η φυσική σχέση μεταξύ του συστήματος εντοπισμού των ματιών και του συμμετέχοντα παραμένει ένα από τα πιο σημαντικά εμπόδια για την ενσωμάτωση της παρακολούθησης του ματιού στις περισσότερες μελέτες χρησιμότητας. Οι προγραμματιστές των συστημάτων εντοπισμού των ματιών έχουν σημειώσει μεγάλη πρόοδο στη μείωση αυτού του εμποδίου, αλλά οι υπάρχουσες λύσεις απέχουν από το βέλτιστο. Ο ερευνητής έχει την επιλογή ενός εξ αποστάσεως συστήματος εντοπισμού του ματιού που θέτει κάποιους περιορισμούς στην κίνηση του συμμετέχοντα ή ένα σύστημα που πρέπει να είναι σταθερά τοποθετημένο στο κεφάλι του συμμετέχοντα. Οι περισσότεροι ιχνηλάτες ματιών παράγουν σήματα που αντιπροσωπεύουν τον προσανατολισμό του ματιού στο κεφάλι ή τη θέση του σημείου σε μια οθόνη σε καθορισμένη απόσταση. Σε κάθε περίπτωση το σύστημα εντοπισμού του ματιού συνήθως παρέχει ένα οριζόντιο και κατακόρυφο συντονισμό για κάθε δείγμα.



**Εικόνα 3 Sequential row-column scanning**

Η εξέταση του βλέμματος δηλαδή κρατώντας το βλέμμα σταθερό για ένα μικρό χρονικό διάστημα (200-600 ms). Μεταξύ στερέωσης του βλέμματος, το μάτι μας πηδάει γρήγορα από ένα σημείο στο άλλο. Τα άλματα αυτά ονομάζονται σακκαδικές, είναι οι μετακινήσεις διάρκειας 30-120 ms. Οι οφθαλμικές κινήσεις είναι τόσο συνειδητές και ασυνειδητές. Από την άλλη πλευρά μπορούμε να ελέγξουμε το βλέμμα, να στρέψουμε την προσοχή μας προς ένα σημείο. Το βλέμμα μπορούμε να το θεωρήσουμε ως φυσικό τρόπο εισόδου. Είναι αρκετά εύκολο να επικεντρωθεί στα στοιχεία μόνο με την εξέτασή τους. Στα άτομα με αναπηρία θα πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε ότι μπορούν να ελέγχουν τον δρομέα μετακινώντας τα μάτια τους. Μπορεί να πάρει από λεπτά έως και μήνες για να κυριαρχήσει το βλέμμα στο ελεγχόμενο σύστημα.

Στην πληκτρολόγηση με το βλέμμα αρχικά ο χρήστης αποφασίζει ποιο γράμμα θέλει και εστιάζεται σε ένα Από τα εικονικά πλήκτρα στην οθόνη. Το σύστημα παρέχει ανατροφοδότηση υπογραμμίζοντας το εστιασμένο γράμμα, για παράδειγμα την παρουσίαση του δρομέα στο εικονικό πλήκτρο. Το σύστημα δίνει ακουστική ανατροφοδότηση δείχνοντας ότι το πλήκτρο ενεργοποιήθηκε με επιτυχία. Τέλος το τυπωμένο γράμμα εμφανίζεται πάνω ή κάτω από το εικονικό πληκτρολόγιο στο πεδίο του κειμένου.

Μερικοί άνθρωποι μπορεί να αντιμετωπίσουν δυσκολία λόγω σοβαρότητας της κατάστασης της υγείας τους. Δεν μπορούν να διατηρήσουν το βλέμμα τους ακόμα και για τη διάρκεια που απαιτείται για την εστίαση. Ο χρήστης μπορεί να είναι σε θέση να κινεί τα μάτια σε μία μόνο κατεύθυνση. Στις περιπτώσεις αυτές χρειάζονται άλλες μέθοδοι για την επιλογή ενός στοιχείου. Τα μάτια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως απλός ή διπλός διακόπτης και η εστίαση μπορεί να τροποποιηθεί με τη μέθοδο της σάρωσης. Η μέθοδος της σάρωσης χρησιμοποιείται ευρέως μεταξύ των ατόμων με ειδικές ανάγκες σε διάφορα συστήματα μέσω του υπολογιστή. Οι τεχνικές σάρωσης επιτρέπουν στο χρήστη να χρησιμοποιήσει ένα διακόπτη για να αλλάξει την εστίαση από το ένα είδος στο άλλο και οποιαδήποτε άλλη αλλαγή με επιλογή στοιχείου στο κέντρο. Αυτό ονομάζεται βήμα σάρωσης. Η σάρωση είναι μία αρκετά αργή διαδικασία και συνεπώς είναι επωφελής για σάρωση μεγαλύτερων ομάδων αντικειμένων που βρίσκονται στο κέντρο. Μία κοινή προσέγγιση είναι η ανίχνευση γραμμών από την πρώτη γραμμή μέχρι να πετύχει το στόχο.

Στην πληκτρολόγηση με το βλέμμα χρειάζεται χρόνος εκμάθησης. Με την εμπειρία, οι χρήστες μπορούν να το κάνουν μέσα σε λίγα λεπτά ενώ άλλοι πρέπει να κάνουν ώρες πρακτικής. Οι αρχάριοι θα πρέπει να γνωρίζουν ότι είναι συχνό φαινόμενο η καθυστέρηση και τα επίπεδα της προόδου τους. Για περισσότερο από έναν αιώνα γίνεται μέτρηση της πληκτρολόγησης με το χέρι ως προς την ταχύτητα και την ακρίβεια. Όμως για την αλληλεπίδραση με το βλέμμα χρησιμοποιήθηκαν δύο παραδοσιακές μετρήσεις. Κατά την αξιολόγηση της αλληλεπίδρασης με το βλέμμα συστημάτων από ένα μεγάλο πλήθος χρηστών επέτρεψε τους ερευνητές να συγκρίνουν τους έμπειρους και γρήγορους χρήστες με τους αρχάριους και αργούς.

Που θεωρήθηκε πολύ χρήσιμη πηγή έμπνευσης για το πώς να βοηθήσουν τους άλλους να βελτιωθούν.

Έρευνες έχουν δείξει ότι η αλληλεπίδραση με το βλέμμα μπορεί να είναι ταχύτερη από το χέρι-ποντίκι. Οι άνθρωποι μπορούν να δείξουν το στόχο τους με το βλέμμα, συνήθως πρώτα κοιτάνε το στόχο τους και μετά κινούν τα χέρια. Ακόμη οι περισσότεροι συνειδητοποιούν τις δυνατότητες της τεχνολογίας αυτής και εύκολα κατανοούν τις επιπτώσεις που έχει. Με τα παραδοσιακά συστήματα δημιουργείται μεγαλύτερος τραυματισμός και κούραση των μυών ενώ τα μάτια μπορούν να αλληλεπιδράσουν για ώρα. Αντίθετα δείχνοντας με το βλέμμα είναι λιγότερο ακριβής από ότι με το χέρι λόγω της λειτουργίας του ματιού (ανοίγει/κλείνει/δακρύζει). Καταμετρήσεις που έχουν γίνει δείχνουν ότι με το βλέμμα μειώνεται ο χρόνος απόκρισης όσο προχωράει η τεχνολογία και εξοικειώνεται ο άνθρωπος και τα ποσοστά ανεβαίνουν. Ο έλεγχος και η εξοικείωση της αλληλεπίδρασης με το βλέμμα είναι τα θέματα που απασχολούν τους ειδικούς της AAC. Οι ελεγχόμενες κινήσεις των ματιών είναι πολύ διαφορετικές από τις οφθαλμικές κινήσεις στον πραγματικό κόσμο, όπου οι άνθρωποι αποκτούν αυτόματα οπτικές πληροφορίες χωρίς να έχουν επίγνωση της διαδικασίας σάρωσης.

Υπάρχουν ωστόσο πολλά προβλήματα που συνδέονται με την πληκτρολόγηση με το μάτι. Εκτός από την χαμηλή ακρίβεια τα μάτια χρησιμοποιούνται για τη συγκέντρωση πληροφοριών από το άμεσο περιβάλλον. Σε αντίθεση με μία χειροκίνητη συσκευή κατάδειξης, τα μάτια δεν μπορούν να απενεργοποιηθούν ούτε να τοποθετηθούν σε κατάσταση αδράνειας, αν η επιλογή δεν έχει λάβει χώρα. Γι' αυτόν τον λόγο κάθε φορά που ένας χρήστης κοιτάζει προς ένα στόχο στην οθόνη είτε τυχαία είτε σκόπιμα, αυτό το στοιχείο θα ενεργοποιηθεί. Είναι ακόμη άγνωστες οι επιπτώσεις που μπορεί να έχει η αλληλεπίδραση με το βλέμμα ως προς την αναζήτηση ή την επίλυση προβλημάτων στρατηγικής. Αυτά είναι ζητήματα που πρέπει να απαντηθούν πριν οι διεπαφές υλοποιηθούν σε μεγαλύτερη κλίμακα.

## ΜΕΘΟΔΟΙ

Το έργο της Majaranta “Number of read text events per character” όπου αυτό δεν έχει σχέση με την ακρίβεια αλλά είναι ένα έμμεσο μέτρο καθώς οι άνθρωποι βλέπουν αν είναι σωστό το κείμενο πληκτρολόγησης. Ο Aoski et al παρουσίασε άλλες μεθόδους μέτρησης την “Rate of midas touch errors” και την “Rate of premature movement errors”, όπου με 6 ώρες πρακτικής ο χρόνος μειώθηκε.

Έγιναν πολλά πειράματα και στατιστικές πάνω στην πληκτρολόγηση με το βλέμμα. Μια ιαπωνική εταιρία έφτιαξε το σύστημα Gaze-talk-J, το οποίο αποτελείται από μεγάλα πλήκτρα που εμφανίζονται στην οθόνη 3x4 πληκτρολόγιο και στην πάνω αριστερή γωνία ένα χώρο που χρησιμοποιείται ως πεδίο εισόδου κειμένου. Όμως δεν παρέχει πρόβλεψη λέξεων επειδή η δομή και η λειτουργικότητα ήταν ανέφικτες. Χρησιμοποιεί στατικές βασικές κατανομές στο πλαίσιο τις ιεραρχικής δομής του μενού. Επιλέγει για τρεις λόγους: υιοθετεί την αρχή της παραμονής του χρόνου για τις βασικές επιλογές, όλα τα γράμματα και οι εντολές κατανέμονται ακριβώς στις ίδιες θέσεις και υιοθετεί μεγάλη οθόνη με πλήκτρα. Δοκιμάστηκε και χρησιμοποιήθηκε από χρήστες για να δουν αν λειτουργεί και πόσο χρόνο έκαναν οι χρήστες που ήταν βασικό στοιχείο για την εφαρμογή.



**Εικόνα 4 Gaze-talk-J**

Ένα γενικό πρότυπο μάθησης της πληκτρολόγησης με το βλέμμα μπορεί να εξαχθεί από τα στοιχεία που έχουν καταμετρηθεί. Οι επιδόσεις τους γίνονται σταθερά και μικρές βελτιώσεις συμβαίνουν στατικά. Οι τεχνικές εκμάθησης είναι να αφήσουμε τον χρήστη να αλληλεπιδράσει με διάφορους τρόπους όπως με το βλέμμα εξ αποστάσεως ή με το head-tracking. Να ζητηθεί από τον χρήστη να γράψει μια φράση και να δούμε τα λάθη και τον χρόνο. Οι πρόωροι έξοδοι θα είναι ο μόνος τρόπος ενόχλησης και πρέπει να αντέξει μέχρι το τέλος του πειράματος. Αν ο χρόνος παραμονής είναι μεγάλος θα πρέπει να υπάρξει ενθάρρυνση στον χρήστη. Πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι οι μύες του ατόμου μπορούν να ελέγξουν ένα διακόπτη ιδιαίτερα γρήγορα και μπορεί να υπάρξει συνδυασμός με το βλέμμα ακόμη και σε άτομα στο τελικό στάδιο του ALS/MND.

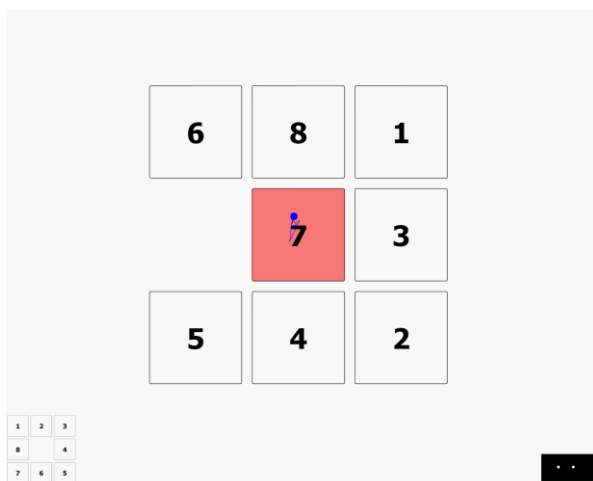


**Εικόνα 5 Eye painting with EagleEyes**

Για να διερευνηθούν οι επιπτώσεις της αλληλεπίδρασης με το βλέμμα βάση των στρατηγικών των χρηστών, σχεδιάστηκε μία μελέτη όπου οι χρήστες θα λύσουν ένα πάζλ 8 κομματιών χρησιμοποιώντας είτε την επιλογή χρόνου παραμονής (dwell-time), με αλληλεπίδραση με το βλέμμα είτε το συμβατικό ποντίκι. Η εκτέλεση της εντολής γίνεται με ένα μόνο (αριστερό) κλικ στο ποντίκι. Το χρώμα των τετραγώνων δείχνει το ποσό του χρόνου που απομένει πριν από την επιλογή- ο χρήστης βλέπει το κουμπί να κοκκινίζει. Αν το βλέμμα του χρήστη φύγει πριν την επιλογή, το χρώμα των πλακιδίων ζωντανεύει σταδιακά πίσω στο λευκό. Αν όμως το βλέμμα επιστρέψει

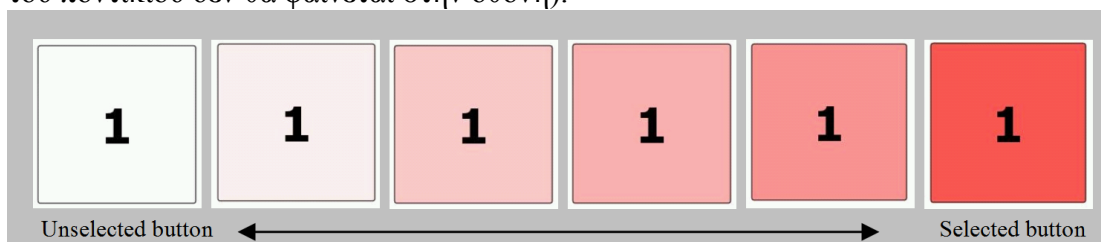


πριν γίνει λευκό- ο χρόνος απόκρισης συνεχίζει- συνεχίζει από την τρέχουσα κατάσταση.



Εικόνα 6 8-tile slide puzzle

Πριν από τη μελέτη, πάρθηκαν μια σειρά από ρυθμίσεις και εφαρμογές για τον εναλλακτικό σχεδιασμό τεχνικών για τις δύο βάσεις, χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες πληροφορίες για τους χρόνους, το μέγεθος του κουμπιού, τα φίλτρα για το βλέμμα και την ανατροφοδότηση. Η λύση με την στατική απόχρωση επιτρέπει στο βλέμμα να φύγει από το κουμπί π.χ. όταν ανοιγοκλείσει. Ο χρήστης θα δει τα σημεία που θέλει και θα ενεργοποιήσει την εντολή με αριστερό κλικ όπου θα γίνει πράσινο (ο δείκτης του ποντικιού δεν θα φαίνεται στην οθόνη).



Εικόνα 7 Dwell-time button color animation

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι το bii ET 1750 για την παρακολούθηση των κινήσεων των ματιών και για την αλληλεπίδραση με το βλέμμα. Εφαρμόζεται σε οθόνη 17 ιντσών με μέγιστη ανάλυση 1280x1024. Στο πείραμα αυτό έγινε μία μελέτη για τα αποτελέσματα των μεθόδων αλληλεπίδρασης σχετική με τις στρατηγικές των χρηστών, τα προβλήματα και την εμπειρία του χρήστη. Δηλαδή έγινε σύγκριση του χρόνου εκτέλεσης του βλέματος και του ποντικιού με βάση την αλληλεπίδραση στην επίλυση προβλημάτων. Ο χρόνος απόκρισης (dwell time) παρουσιάζει σοβαρό εμπόδιο για την αλληλεπίδραση και προκαλεί τους χρήστες σε συνεχή διόρθωση του προβλήματος.

## ΧΡΟΝΟΣ-ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Η ευχρηστία γενικά ορίζεται ως η αποτελεσματικότητα, η αποδοτικότητα και η ικανοποίηση με την οποία καθορίζεται ότι οι χρήστες μπορούν να επιτεύξουν τον στόχο σε ορισμένα περιβάλλοντα. Η αποτελεσματικότητα της αλληλεπίδρασης με το βλέμμα έχει αποδειχθεί εδώ και 20 χρόνια πληκτρολόγησης με το μάτι. Τα περισσότερα συστήματα αποτελούνται από ένα μάτι ακολουθίας συστήματος σε συνδυασμό με ένα επί της οθόνης πληκτρολόγιο, το πιο πρόσφατο είναι το “Ward and

Mackay”. Οι σχεδιαστές της πληκτρολόγησης με το βλέμμα θα πρέπει να επιδιώκουν την βελτίωση της αποδοτικότητας των συστημάτων, επειδή γίνεται χρήση από άτομα με ειδικές ανάγκες. Όμως επειδή δεν μπορεί να επιτευχθεί η ταχύτητα μιας κανονικής συνομιλίας (>100 wpm) παρατηρήθηκε ότι 25-30wpm είναι αρκετά ικανοποιητική. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να επιτευχθεί η αλληλεπίδραση με το βλέμμα αλλά και η μείωση του χρόνου για την διόρθωση των λαθών.

- 1) Χρησιμοποιώντας λέξη ή χαρακτήρα πρόβλεψης για την ελαχιστοποίηση αναζήτησης.
- 2) Μείωση ή εξάλειψη του χρόνου παραμονής για κάθε επιλογή.
- 3) Χρησιμοποιώντας μοντέλα εργασιών για να ερμηνεύσει την ακριβή είσοδο.
- 4) Σχεδιάζοντας πλήκτρα ειδικά για την λειτουργία του βλέμματος.
- 5) Εκτεταμένη χρήση της λειτουργίας της αναίρεσης.
- 6) Αύξηση της αντοχής του βλέμματος στην είσοδο χρησιμοποιώντας μεγάλους ή και καλά διαχωρισμένους χώρους επιλογής.

Με αυτούς τους τρόπους οι χρήστες ανέφεραν πως η πληκτρολόγηση με το βλέμμα διήρκεσε περισσότερο από 25 wpm μετά από μία ώρα πρακτικής και τα ποσοστά σφάλματος ήταν μόλις 20%. Η καινοτομία Dasher διεπαφών απαιτεί τα υψηλά χωρικά συμπίεσης της οθόνης των χαρακτήρων που απαιτούν την ορθή και καλά βαθμονομημένο σύστημα παρακολούθησης.

Ο Salvucci (1999) κατέδειξε την δυνατότητα σύνδεσης εντοπισμού για την πρόβλεψη επιλογών σε μία οθόνη πληκτρολόγιο. Έτσι εξάλειψε την ανάγκη να σταθεί ο χρήστης για κάποια χρονική διάρκεια. Ωστόσο τα συστήματα αυτά θα είναι ασαφή όταν έρχονται αντιμέτωπα με ανορθογραφίες και άγνωστες λέξεις.

Majaranta et al (2003) έδειξε ότι τα βασικά ζητήματα σχεδιασμού είναι σημαντικά για την αποτελεσματικότητα της πληκτρολόγησης με το βλέμμα. Σε ένα τυπικό πληκτρολόγιο QWERTY αύξησε την ταχύτητα κατά 0,5 wpm, αλλά με την προσθήκη ενός κλικ σε κάθε επιλογή χαρακτήρα. Με τη χρήση κινούμενων κουμπιών (όταν επιλέγονταν) μείωσε το χρόνο επιλογής. Η συρρίκνωση της κίνησης είχε επίσης σημαντική σχέση με το πόσες φορές ο χρήστης (χωρίς λόγο), επικεντρώνεται στο ίδιο κουμπί. Έτσι ο χρήστης επικεντρώνεται 1,2 φορές για το βασικό πάτημα σε σύγκριση με 1,3 φορές όταν δεν χρησιμοποιούσε τα κινούμενα κουμπιά.

Hansen et al (2001-2003) ανέπτυξε ένα εργαλείο επικοινωνίας το “Gaze talk” που είναι κατασκευασμένο για άτομα που έχουν χάσει τη φωνή τους και την κινητικότητα τους. Για να είναι ευρέως διαθέσιμο χρησιμοποίησε μία κάμερα (που υπάρχει στην αγορά ευρέως) για να καθορίσει τη θέση του βλέμματος. Η σχετική χαμηλή ανάλυση αυτής της κάμερας απαιτεί μεγάλα πλήκτρα επί της οθόνης.



Εικόνα 8 Person sitting in front of Japanese version of GazeTalk

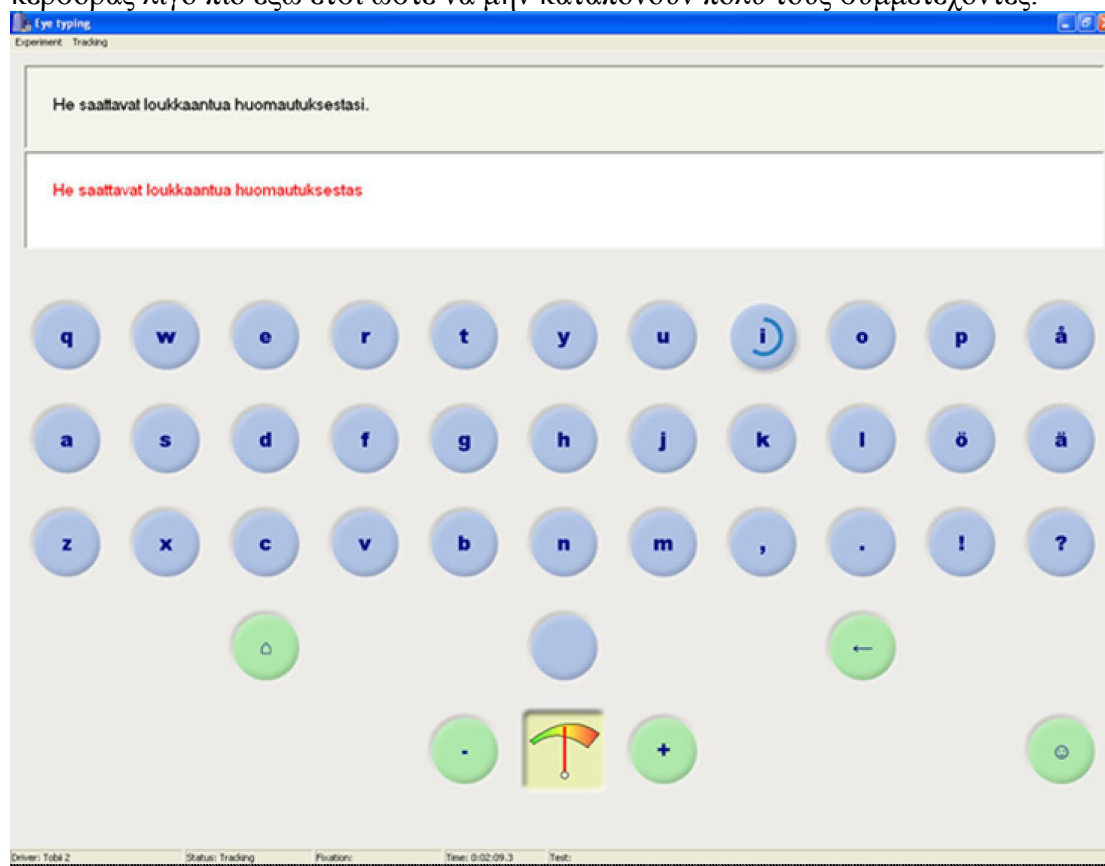
Η αποδοτικότητα δεν είναι ο μόνος στόχος που πρέπει να εξεταστεί για ένα φιλικό προς το χρήστη σύστημα αλληλεπίδρασης με το βλέμμα. Το σύστημα θα πρέπει να είναι εύκολο στη εγκατάσταση, τη συντήρηση και την ενημέρωση. Θα πρέπει να αποτελείται από υλικά που να μπορούν να αντικατασταθούν αμέσως μόλις κάτι χαλάσει. Οι βαθμονομήσεις θα πρέπει να γίνονται εύκολα και γρήγορα. Το σύστημα παρακολούθησης θα πρέπει να είναι αρκετά ισχυρό ώστε να καταστεί δυνατή η χρήση των κινητών τηλεφώνων, η χρήση με γυαλιά και οι μικρές αλλαγές της θέσης του κεφαλιού. Η παρατεταμένη χρήση να μην προκαλεί κόπωση ή να στεγνώνει τα μάτια. Η τιμή του δεν θα πρέπει να είναι υψηλή και τέλος το σύστημα να μην δείχνει την αναπηρία του ατόμου (να μην φαίνεται σαν κάτι διαφορετικό).

Για την απόδοση της αποτελεσματικότητας ο χρήστης θα πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει το ίδιο σύστημα σε όλα τα στάδια της νόσου. Πολλοί ασθενείς με ALS έχουν μικρή ή δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία με τους υπολογιστές και είναι αρκετά απασχολημένοι για την προσαρμογή με τη σοβαρότητα της κατάστασης τους. Αρκετοί φροντιστές πρέπει να είναι σε θέση να βοηθήσουν τον χρήστη για ότι χρειάζεται ώστε να μην χρειάζεται να μάθουν μια άγνωστη μέθοδο αλληλεπίδρασης (να μην χρειάζεται επιπλέον εκπαίδευση στους προγραμματιστές). Ακόμη οι περιορισμένοι πόροι χρόνου των ειδικευμένων για την εκπαίδευση των χρηστών είναι συχνά ελάχιστοι. Και τέλος η εξέλιξη μέσα στα στάδια της ALS είναι σταδιακή και η κόπωση είναι ένας παράγοντας που καθιστά συχνά απαραίτητη για μετάβαση σε λιγότερο αποδοτική μέθοδο εισαγωγής κατά τη διάρκεια της μέρας.

Έρευνα έδειξε ότι η εισαγωγή κειμένου με το βλέμμα χρησιμοποιώντας το χρόνο παραμονής (dwell time) είναι μια αργή διαδικασία, περίπου 5-10 λέξεις το λεπτό (wpm). Τα αποτελέσματα αυτά βασίζονται σε πειράματα με αρχάριους, χρησιμοποιώντας χρόνο παραμονής μεταξύ 450 και 1000ms. Έτσι βρήκαν μία άλλη μέθοδο όπου τα αποτελέσματα της έδειξαν αύξηση του κειμένου από 6,9 wpm σε 19,9 wpm μετά την δέκατη συνεδρία. Ακόμη η διάρκεια των μετρήσεων μειώθηκε από 875ms σε 282 ms κατά μέσο όρο, καθώς και τα ποσοστά σφάλματος από 1,28% σε 0,36%.

## ΠΕΙΡΑΜΑ

Η μέθοδος για το πείραμα που έκαναν ήταν να πάρουν έντεκα αρτιμελείς φοιτητές με φυσιολογική ή με μικρά προβλήματα όρασης. Όλοι ήταν εξοικειωμένοι στο πληκτρολόγιο QWERTY αλλά αρχάριοι στην πληκτρολόγηση με το βλέμμα. Η συσκευή που χρησιμοποίησαν ήταν η Tobii 1750 με ενσωματωμένη 17 ιντσών TFT έγχρωμη οθόνη (με ανάλυση 1280x1024 pixel). Χρησιμοποιώντας ένα κοινό (στη διάταξη) πληκτρολόγιο, με τα κουμπιά του διαστήματος, shift και backspace κάτω από τα κουμπιά των γραμμάτων. Η τελευταία σειρά περιλάμβανε τα κουμπιά για ρύθμιση του χρόνου παραμονής και ένα κουμπί που δήλωνε ότι το κείμενο είναι έτοιμο. Με τη χρήση του κουμπιού για την ταχύτητα έδειξαν στον χρήστη τον τρόπο που λειτουργεί το σύστημα για την καλύτερη κατανόηση του. Έτσι αποδείχθηκε ότι ο χρόνος μειώθηκε και μπορούσε να ελεγχθεί από το χρήστη. Το πληκτρολόγιο κλεισίματος εμφάνιζε την εξέλιξη του χρόνου παραμονής. Το χρώμα του επιλέχθηκε έτσι ώστε να διαταράσσει όσο το δυνατόν λιγότερο την όραση του χρήστη αλλά να είναι εύκολο να το δει. Όταν χρόνος παραμονής εξαντλούταν το κουμπί φαινόταν πατημένο και ακουγόταν ένας ήχος «κλικ». Το οποίο οι συμμετέχοντες ζήτησαν να αφαιρεθεί λόγω ενόχλησης τους. Τα πλήκτρα ενεργοποιούντουσαν ακόμη κι αν ήταν ο κέρσορας λίγο πιο έξω έτσι ώστε να μην καταπονούν πολύ τους συμμετέχοντες.



Εικόνα 9 Experimental keyboard

Η διαδικασία που χρησιμοποίησαν για την εκμάθηση της αλληλεπίδρασης με το βλέμμα ήταν να ενημερώσουν τον κάθε συμμετέχων σχετικά με τον έλεγχο του βλέμματος και την παροχή κινήτρων της μελέτης. Πριν την πραγματική δοκιμή

έβαλαν τους συμμετέχοντες να παίξουν ένα απλό επιτραπέζιο παιχνίδι τριών γύρων (Tic Tac Toe).

Οι συμμετέχοντες ήταν καθισμένοι έτσι ώστε τα μάτια τους να απέχουν περίπου 50-60 cm από την οθόνη. Αν ο ιχνηλάτης έπρεπε να είναι στη μέση μιας φράσης, η φράση αγνοούταν στην ανάλυση. Με αυτόν τον τρόπο έβγαλαν κάποια συμπεράσματα και είδαν ότι όσο πιο πολύ εξοικειώνονταν οι χρήστες τόσο περισσότερες λέξεις είχαν το λεπτό και φυσικά μικρότερο χρόνο.

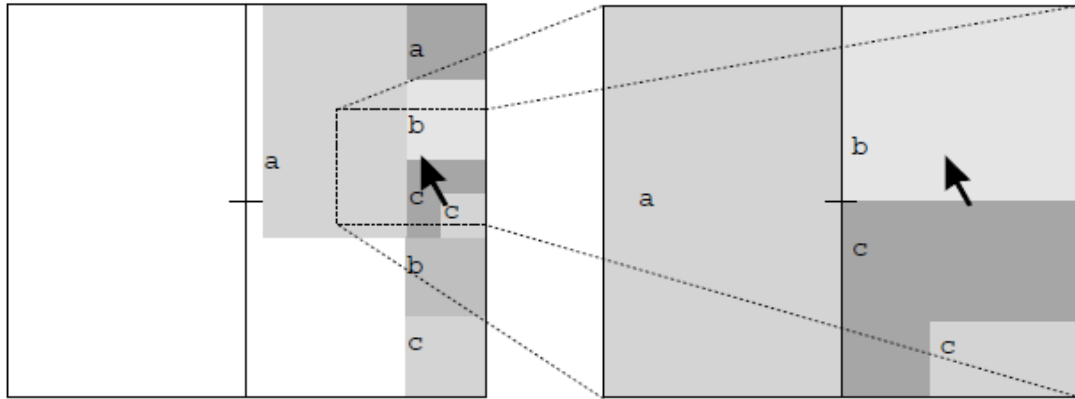
Όλοι οι συμμετέχοντες προσπάθησαν να αναπροσαρμόσουν τον χρόνο παραμονής τους κι έτσι ήταν 400ms από την τελευταία συνεδρία. Η μείωση αυτή ήταν ραγδαία κατά τη διάρκεια των πρώτων συνεδριών έτσι ώστε από την τέταρτη συνεδρία ο μέσος χρόνος παραμονής μειώθηκε σε 378 ms. Αντίστοιχα η μέση ταχύτητα δακτυλογράφησης είχε αυξηθεί από 6,9 wps σε 162 wps, με ένα λογικό σφάλμα 0,37%. Με τέσσερα 15λεπτα συνέδρια ίσα με μία ώρα πρακτικής με την οποία η μάθηση επιβραδύνθηκε σε περίοπτη θέση.

Η μελέτη ακολούθησε την μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε από τον Tuisku et al στη μελέτη του Dasher, που είναι ίση σε ποσοστό πρακτικής και διαδικασιών δοκιμής. Το Dasher θεωρείται ως η πιο γρήγορη μέθοδος στον κόσμο για να γράψει κάποιος ε το βλέμμα. Η τελική ταχύτητα δακτυλογράφησης της μελέτης είναι 19,9 wpm σε σύγκριση με την μελέτη του Dasher που είναι κατά μέσο όρο 17,3 wpm. Θεωρείται δύσκολο και ίσως άδικο να συγκριθούν αυτές οι δύο εντελώς διαφορετικές μέθοδοι εισαγωγής κειμένου. Ωστόσο τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι άνθρωποι μπορούν να πληκτρολογήσουν με το βλέμμα αρκετά γρήγορα και με ακρίβεια χρησιμοποιώντας ένα απλό, εύκολο στην εκμάθηση επί της οθόνης πληκτρολόγιο και η διάρκεια των μετρήσεων δεν επιβραδύνει την πληκτρολόγηση.

### **Dasher**

Το Dasher έχει ένα αλφάβητο 27 χαρακτήρων που εμφανίζονται με αλφαβητική σειρά σε μία στήλη. Υπάρχουν 26 πεζά γράμματα και το σύμβολο “ που αντιπροσωπεύει το κενό. Ο χρήστης γράφει κάνοντας μία κίνηση προς το ορθογώνιο της επιλογής του. Και μετά το πρόγραμμα τον βοηθά να κάνει κάποιες επιλογές βάση συνδυασμών. Η διεπαφή κάνει μεγέθυνση των χαρακτήρων έτσι ώστε η θέση κάτω από το δείκτη να περνά μέσα από το κεντρικό σταυρόνημα. Ουσιαστικά, ο αριστερός-δεξής έλεγχος του ποσοστού της μεγέθυνσης και ο κάθετος συντονισμός προσδιορίζει το σημείο στη δεξιά κάθετη που γίνεται σε μεγέθυνση. Η διαισθητική ιδέα είναι ότι ο χρήστης θα πρέπει να δείξει που θέλει να πάει. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο συμπίεσης που ονομάζεται PPMSD+, ο οποίος μπορεί να συμπίεσει περισσότερο το κείμενο περίπου 2 bits ανά χαρακτήρα.

Ακόμη ο Dasher οδηγείται από συνεχείς χειρονομίες, τόσο ακριβείς που μπορεί να αντισταθμιστεί από τις μετέπειτα κινήσεις. Όταν χρησιμοποιείται ένα συμβατικό πληκτρολόγιο επιλέγεται ένας χαρακτήρας ανά χειρονομία, αλλά στο σύστημα αυτό με κάποιες χειρονομίες επιλέγονται περισσότεροι από ένα χαρακτήρα γι' αυτό το λόγο ο Dasher έχει τη δυνατότητα μεταφοράς πληροφοριών σε υψηλότερα ποσοστά. Το μοντέλο της γλώσσας βοηθά τον χρήστη να γράψει ένα συνεκτικό κείμενο κι έτσι είναι πιο δύσκολο να κάνει ορθογραφικά λάθη.



Εικόνα 10 Dasher

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Οι εφαρμογές πληκτρολόγησης με το βλέμμα, όπως ένα εικονικό πληκτρολόγιο είναι συχνά το φιλτράρισμα στη χρήση. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες διεπαφές που βασίζονται σε διάφορες θεωρητικές ιδέες. Στο Iwrite, τα γράμματα επιλέγονται κοιτάζοντας μία οθόνη. Αυτό θα πρέπει να ελαχιστοποιεί το ποσοστό σφάλματος αλλά με το μειονέκτημα της ταχύτητας. Ένα δυναμικό πλαίσιο, StartWrite, με κινούμενα γράμματα επιλέγονται απευθείας στο παράθυρο κειμένου. Η τρίτη εφαρμογή pEYEwrite που βασίζεται στην επισύναψη ή στο μενού πίτα, τα οποία έχουν ήδη αποδειχθεί ότι είναι ισχυρά εργαλεία για τον έλεγχο του ποντικιού. Οι δοκιμασίες έδειξαν ότι το pEYEwrite μπορεί να προσκομίσει ταχύτερο κείμενο εισόδου, αλλά και μεγάλες αυξήσεις στην απόδοση μετά από αρκετές συνεδρίες. Τα μέχρι τώρα δεδομένα έχουν δείξει ότι τα μενού σε σχήμα πίτας πρέπει να θεωρηθούν ως ένα χρήσιμο και ισχυρό εργαλείο σε διάφορες εφαρμογές αλληλεπίδρασης με το βλέμμα.

Στο pEYEwrite όλα τα γράμματα παρουσιάζονται μέσα σε δύο στρώματα στο μενού της πίτας. Δηλαδή βλέποντας τον κύκλο ανοίγει μία μεγαλύτερη πίτα που περιέχει όλα τα γράμματα μέσα σε πέντε ομάδες καθώς και μία έκτη ομάδα ειδικών χαρακτήρων. Βλέποντας σε ένα κομμάτι ανοίγει ένας άλλος κύκλος που τώρα περιέχει κάθε στοιχείο σε ένα κομμάτι. Κάθε βλέμμα σε ένα κομμάτι χρησιμεύει για να πληκτρολογηθεί ο αντίστοιχος χαρακτήρας σε ένα παράθυρο κειμένου στο κάτω μέρος της οθόνης. Έτσι κάθε γράμμα συνδέεται με ένα ορισμένο μονοπάτι βλέμματος.



Εικόνα 11 Iwrite



Εικόνα 12 pEYEWrite

### ΕΡΕΥΝΑ ΤΡΙΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Μέσα από μία έρευνα των τριών μεθόδων (Iwrite, StartWrite, pEYEWrite) κατέληξαν σε συμπεράσματα. Το έργο του χρήστη ήταν να γράψει μία πρόταση, συμπεριλαμβανομένων όλων των γραμμάτων της αλφαβήτου τουλάχιστον μία φορά όσο πιο γρήγορα και σωστά, κατά τη διάρκεια πέντε συνεχόμενων ημερών. Τα προκαταρκτικά στοιχεία έδειξαν μικρά ποσοστά λάθους όταν χρησιμοποιείται το Iwrite, γεγονός που ίσως οφειλόταν στη σαφή και εύκολη μέθοδο επιλογής γραμμάτων. Ωστόσο υπήρξε μόνο μία μικρή αύξηση στην ταχύτητα πληκτρολόγησης. Αυτό έδειξε ότι είναι ιδανική μέθοδος για αρχάριους χρήστες, αλλά θα χάσει την ελκυστικότητα της μετά από αύξηση της εμπειρίας. Συγκριτικά συνολική επίδοση επιτεύχθηκε με το StartWrite, αλλά είχε ορισμένα σφάλματα κατά την εκτέλεση και τις επιδόσεις, αλλά είναι δύσκολη η σύγκριση. Το πιο ελπιδοφόρο μέσο αποδείχθηκε το pEYEWrite. Όλοι οι χρήστες έδειξαν βελτίωση της απόδοσης με την αύξηση της εμπειρίας.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι ελπιδοφόρα, λαμβάνοντας υπόψη το ρόλο της συμμετοχής και της εμπάθνησης, της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή αλλά και στην εκπαίδευση διαδραστικών συστημάτων. Ειδικότερα οι προσπάθειες που συνδέονται με την έναρξη μιας εντολής είναι χαμηλότερες από την χρήση του ποντικιού και μπορούν να δαπανηθούν για το στρατηγικό σχεδιασμό. Όμως πρέπει να ξεπεραστεί το μεγάλο εμπόδιο των σφαλμάτων και του χρόνου κάτι που καθυστερεί πολύ την εξέλιξη της μεθόδου. Οι συσκευές παρακολούθησης του βλέμματος και οι αλγόριθμοι που παρακολουθούν το βλέμμα χρειάζονται ακόμη βελτίωση, λόγω πολλών προβλημάτων που προκύπτουν από το γεγονός ότι το σύστημα δεν διατηρεί την ακρίβεια του για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τέλος παρόλο που πολλά δυναμικά συστήματα έχουν διορθώσει την κλίση της βαθμονόμησης, μόνο λίγα έχουν διαδικασία για αναβαθμονόμηση που να μπορεί να ενεργοποιείται από το χρήστη. Η πληκτρολόγηση με το βλέμμα θα έχει μία γενική εξέλιξη στο μέλλον, όπως επισημαίνουν οι ειδικοί και θα λυθούν όλα τα προβλήματα με την πάροδο του χρόνου αλλά και με την εξέλιξη της τεχνολογίας.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Aoki, H. Hansen, J.P. and Itoh, K. (2009) Learning gaze typing: what are the obstacles and what progress to expect? *Universal Access in the Information Society*, Vol. 8, Num. 4, 297-310, Springer.
- Majaranta, P. Et al (2009) Fast gaze typing with an adjustable dwell time, *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, ACM New York, NY, USA.
- Hansen, J.P., et al, (2004) Gaze Typing Compared with Input by Head and Hand. *Proceedings of the 2004 symposium on Eye tracking research & applications* ACM New York, NY, USA.
- Majaranta, P. & Rähkä, K.J. (2002) Twenty years of eye typing: systems and design issues, *Proceedings of the 2002 symposium on Eye tracking research & applications*, ACM New York, NY, USA.
- Dasher a Data Entry Interface Using Continuous Gestures and Language Models, *David J. Ward- Alan F. Blackwell- David J.C. MacKay*
- A Comparative Usability Study of Two Japanese Gaze Typing Systems, Kenji Itoh - Hirotaka Aoki - John Paulin Hansen
- A history of eye gaze tracking (December 18, 2007), Abdallahi Ould Mohamed- Matthieu Perreira Da Silva- Vincent Courboulay
- Design Issues of iDict: A Gaze-Assisted Translation Aid, *Proceedings of Eye Tracking Research and Applications [ETRA2000]*, pages 9-14, Palm Beach Gardens, FL, ACM Press, 2000.
- Effects of feedback and dwell time on eye typing speed and accuracy, *Univ Access Inf Soc* (2006), DOI 10.1007/s10209-006-0034-z, Paivi Majaranta Z, I. Scott MacKenzie, Anne Aula, Kari-Jouko Raiha
- Effects of Feedback on Eye Typing with a Short Dwell Time, Paivi Majaranta Z, I. Scott MacKenzie, Anne Aula, Kari-Jouko Raiha
- Gaze Typing Compared with Input by Head and Hand, John Paulin Hansen- Kenji Itoh-Kristian Tjørning-Hirotaka Aoki-Anders Sewerin Johansen,
- Gazing with pEYE: New concepts in eye typing, Anke Huckauf - Mario Urbina